

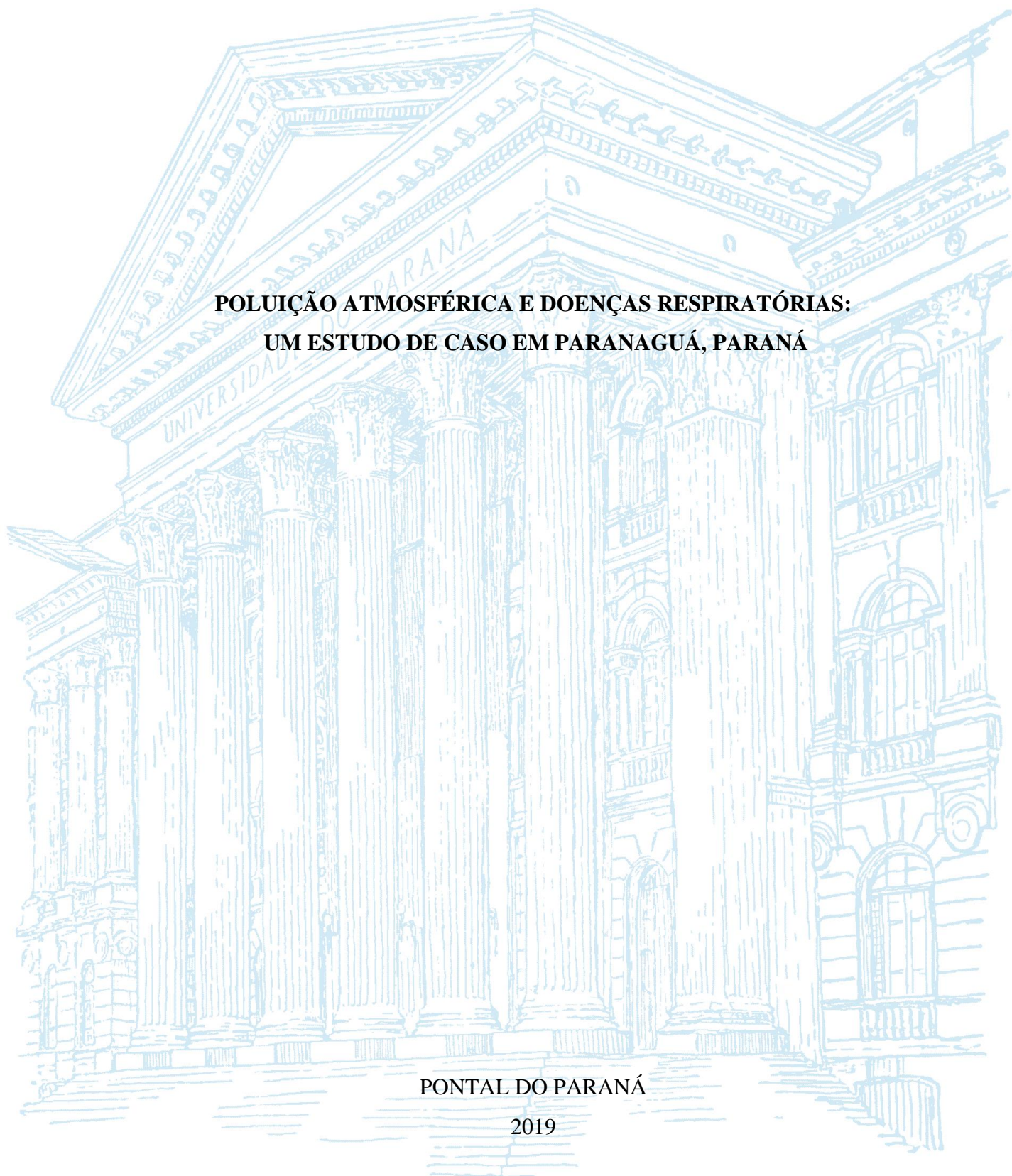
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GABRIELA PEREIRA SANTANA

**POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E DOENÇAS RESPIRATÓRIAS:
UM ESTUDO DE CASO EM PARANAGUÁ, PARANÁ**

PONTAL DO PARANÁ

2019



GABRIELA PEREIRA SANTANA

POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E DOENÇAS RESPIRATÓRIAS:
UM ESTUDO DE CASO EM PARANAGUÁ, PARANÁ

Trabalho de conclusão de curso apresentado
como avaliação final do curso de Engenharia
Ambiental e Sanitária, Universidade Federal
do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Virnei Silva Moreira.

PONTAL DO PARANÁ

2019

CATALOGAÇÃO NA FONTE:
UFPR / SiBi - Biblioteca do Centro de Estudos do Mar
Fernanda Pigozzi – CRB 9/1151

Santana, Gabriela Pereira
S232p Poluição atmosférica e doenças respiratórias: um estudo de caso em Paranaguá,
Paraná. / Gabriela Pereira Santana. – Pontal do Paraná, 2019.
50 f.: il., 29 cm.

Orientador: Prof. Dr. Virnei Silva Moreira.

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Centro de
, Estudos do Mar, Setor Reitoria, Universidade Federal do Paraná.

1. Ar – Poluição – Aspectos de saúde. 2. Doenças respiratórias. 3. Poluentes. I. Título.
II. Moreira, Virnei Silva. III. Universidade Federal do Paraná.


CDD 363.7392

TERMO DE APROVAÇÃO

Gabriela Pereira Santana

“Poluição Atmosférica e doenças respiratórias: um estudo de caso em Paranaguá”


Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para a Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária (Disciplina de TCC II - CEM237), da Universidade Federal do Paraná (UFPR), pela Banca Avaliadora formada pelos membros:




João Carlos de Oliveira - IAP/PR




Dirlene Cavalcanti e Silva - IAP/PR



Prof. Dr. Fernando Augusto Silveira Armani - CEM/UFPR



Prof. Dr. Virnei Silva Moreira - CEM/UFPR
Orientador(a) e Presidente (ou suplente)



Profa. Dra. Silvia Pedroso Melegari
Coordenadora do Curso

Pontal do Paraná, 10 de dezembro de 2019

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Ambiental do Paraná, pela disponibilização de seus dados para que esse trabalho pudesse ser realizado.

Ao meu orientador Dr. Virnei Silva Moreira, por sua dedicação e apoio na elaboração deste trabalho.

Aos meus pais, pelo amor incondicional, apoio e incentivo em toda minha trajetória até aqui.

Ao meu namorado Ricardo, por toda paciência, compreensão, apoio e ajuda.

Às minhas amigas e companheiras de equipe Carina e Laura, por todos os trabalhos em grupo que acarretam maior conhecimento durante o curso.

Às minhas amigas Kemelly e Nicole, que mesmo de longe acompanharam e apoiaram toda a trajetória.

Aos demais amigos, familiares e professores que direta ou indiretamente fizeram parte da caminhada até aqui.

RESUMO

A cidade de Paranaguá conta com o maior porto graneleiro do país, e encontra-se em constante crescimento. Em razão de seu porto há um intenso tráfego rodoviário, marítimo e ferroviário, além de contar com armazéns e demais atividades portuárias. Junto com o crescimento constante há o aumento das emissões atmosféricas, essas podem influenciar direta ou indiretamente a saúde da população. O presente trabalho teve como objetivo relacionar os poluentes com doenças respiratórias, como: asma, bronquite, influenza e pneumonia. Os dados de concentrações dos poluentes foram disponibilizados pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP), já os dados de internação por influenza e pneumonia foram obtidos através do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), e os diagnósticos de asma e bronquite foram disponibilizados pela Secretária Municipal de Saúde de Paranaguá. Foram verificados se os poluentes O_3 , NO_x , SO_2 , MP_{10} e CO estão linearmente relacionados aos casos das doenças respiratórias, e também foram feitas análises individuais de cada um dos poluentes. Entre os resultados encontrados, foi possível observar a relação linear de alguns poluentes com as doenças, a relação do O_3 com o NO_x e a do MP_{10} com os demais poluentes.

Palavras-chave: Emissões Atmosféricas; Doenças respiratórias; Qualidade do ar; Cidade portuária; Saúde Pública.

ABSTRACT

The city of Paranaguá has the largest bulk port in the country and is constantly growing. Due to its port, there is an intense road, sea and rail traffic, as well warehouses and other port activities. Along with the constant grow there is an increase in atmospheric emissions, these can directly or indirectly influence the health of the population. This study aimed to relate pollutants with respiratory diseases such as asthma, bronchitis, influenza and pneumonia. Pollutant concentration data were available from the Environmental Institute of Paraná (IAP), data on hospitalization for influenza and pneumonia were obtained from the Department of Informatics of the Unified Health System (DATASUS), and diagnoses of asthma and bronchitis were made available by the Municipal Secretary of Health of Paranaguá. In order to verify that pollutants, O_3 , NO_x , SO_2 , MP_{10} and CO are linearly related to the respiratory diseases cases, and also to make individual analyzes of each one of them. Among the results, it was possible to observe the linear relation of some pollutants with the diseases, the relation of O_3 with NO_x and a relation of MP_{10} with the other pollutants.

Keywords: Atmospheric Emissions; Respiratory diseases; Air quality; Port City; Public health.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
1.1 JUSTIFICATIVA	12
1.2 OBJETIVOS	13
1.2.1 Objetivo geral.....	13
1.2.2 Objetivos específicos.....	13
2 REVISÃO TEÓRICO-EMPÍRICA	14
2.1 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA.....	14
2.2 POLUENTES ATMOSFÉRICOS	15
2.2.1 Material Particulado	15
2.2.2 Ozônio (O ₃).....	16
2.2.3 Dióxido de enxofre (SO ₂)	16
2.2.4 Monóxido de Carbono (CO).....	17
2.2.5 Óxidos de nitrogênio (NO _x)	17
2.3 LEGISLAÇÃO	17
2.4 POLUENTES ATMOSFÉRICOS E DOENÇAS	19
2.5 DOENÇAS RESPIRATÓRIAS.....	20
2.5.1 Pneumonia	20
2.5.2 Influenza.....	20
2.5.3 Asma.....	21
2.5.4 Bronquite	21
2.6 CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS	22
3 METODOLOGIA	22
3.1 ÁREA DE ESTUDO	22
3.1.1 Climatologia.....	23
3.1.2 Uso e ocupação do solo	24
3.2 DADOS.....	24
3.2.1 Estação de monitoramento	25
3.2.2 SENSORES	26
3.2.3 Descrição das fontes de poluição atmosférica.....	28
3.2.4 Atenção à saúde.....	29
3.3 ESTATÍSTICA	30
4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	32

4.1 ANÁLISES INDIVIDUAIS DOS POLUENTES	35
4.1.1 Ozônio.....	35
4.1.2 Material Particulado	36
4.1.3 Monóxido de Carbono	39
4.1.4 Dióxido de Enxofre	39
4.1.5 Óxidos de Nitrogênio	41
4.2 ANÁLISES EMPÍRICAS DOS POLUENTES COM AS DOENÇAS RESPIRATÓRIAS.....	41
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
REFERÊNCIAS.....	46

1 INTRODUÇÃO

Com a Revolução Industrial e o crescimento desenfreado das cidades, o número de automóveis e indústrias aumenta cada vez mais, e junto com eles a qualidade do ar vem decrescendo, para Alves, Alves e Silva (2009) com o aumento do número de veículos associados com as condições meteorológicas, acaba contribuindo para a concentração de poluentes em suspensão. Hoje existem leis para que os níveis de emissões atmosféricas sejam respeitados pelas indústrias, como uma forma de reduzir a poluição atmosférica. No entanto já houve episódios de alta poluição do ar em cidades como em Londres no ano de 1952 que ficou conhecido como “Big Smoke”. Esse evento foi causado pelo crescimento da queima de combustíveis fósseis na indústria. Foram estimadas cerca de 4 mil mortes devido ao episódio, onde a maioria ocorreu por infecções no trato respiratório, hipóxia e obstrução mecânica das vias respiratórias.

Em episódios mais recentes, no ano de 2015 a NASA (National Aeronautics and Space Administration) publicou uma imagem de satélite que mostrava a poluição atmosférica na China, onde foi possível ver uma nuvem de poluição que se espalhava de Pequim até Xi'an, uma distância de mais de mil quilômetros. Como foi colocado por Huang *et al.* (2017), na China a poluição atmosférica passou a ser algo perigoso, o que acabou se tornando um grande problema ambiental. No Brasil, como foi destacado por Arbex *et al.* (2012), foi estimado pela Organização Mundial da Saúde que a poluição atmosférica é responsável por cerca de 20 mil óbitos por ano. Esses episódios fazem com que os pesquisadores mostrem cada vez mais a necessidade de um controle mais efetivo das emissões de poluentes atmosféricos (Braga *et al.*, 2001).

Segundo a WHO (World Health Organization, 2018), nove em cada dez pessoas da população mundial, respiram ar poluído e contaminado, e de acordo com o relatório (WHO, 2018), todos os anos morrem sete milhões de pessoas por causas ligadas à poluição e aos níveis de poluição, que permanecem elevados em várias regiões do mundo. Como mostrado por Martins (2002), as internações por problemas respiratórios podem refletir os efeitos da poluição.

Os padrões da qualidade do ar no Brasil estão determinados na Resolução CONAMA nº 491/2018, a qual estabelece parâmetros da qualidade do ar e critérios para episódios críticos de poluição do ar. No entanto para Braga *et al.* (2001), apontam que é necessário realizar um controle mais rígido das emissões atmosféricas, pois assim evita que ocorram

episódios críticos de poluição e por consequência a interferência na saúde da população. Sabendo que a poluição atmosférica interfere na saúde da população e que o município de Paranaguá é um potencial poluidor pela presença de seu porto, além do intenso tráfego de veículos de grande porte, esse tipo de estudo faz-se necessário para demonstrar como o controle da poluição atmosférica é importante para o município.

1.1 JUSTIFICATIVA

O porto de Paranaguá encontra-se em constante crescimento, e mesmo com todo crescimento do setor marítimo, as questões quanto ao controle e prevenção da poluição estão concentrados em outros setores (BAILEY; SOLOMON, 2004), e como foi colocado por Abrahão e Caneparo (2014), a cidade depende economicamente do porto mesmo com a diversificação de atividades, desta forma, é necessário que haja um controle da qualidade do ar na cidade. Para isso, atualmente há uma estação de monitoramento do Instituto Ambiental do Paraná (IAP).

Segundo Arbex *et al.* (2012), as altas concentrações de poluentes no ar, provocam a formação de radicais livres de oxigênio, que induz ao estresse oxidativo nas vias aéreas do sistema respiratório, provocando a sua inflamação. Desta forma, este trabalho tem como objetivo analisar se os poluentes do ar em Paranaguá têm alguma influência em doenças virais e bacterianas, como influenza e pneumonia, e com as doenças crônicas asma e bronquite.

Uma vez que os poluentes podem interferir na saúde da população, existem os padrões da qualidade do ar, limite máximo da concentração de um poluente em nível de garantia de saúde e bem estar da população (LISBOA, 2007), esses padrões estão tanto em caráter federal como em caráter estadual. E estão dispostos na resolução CONAMA nº 491 de 2018 e também na resolução do SEMA-PR (Secretaria Estadual do Meio Ambiente – Paraná) nº 016 de 2014.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Analisar se há relação entre a qualidade do ar e doenças respiratórias, fazendo análises estatísticas individuais do comportamento de cada poluente, os relacionando entre si, e também, à temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar e pressão atmosférica, assim como analisar os seus comportamentos nas diferentes estações do ano.

1.2.2 Objetivos específicos

- Verificar estatisticamente e empiricamente se existe relação entre os poluentes e as doenças: pneumonia, influenza, asma e bronquite;
- Examinar o comportamento dos poluentes em relação à temperatura, radiação solar, umidade relativa do ar e pressão atmosférica;
- Constatar o comportamento dos poluentes nas diferentes estações do ano e se há relação com as doenças em determinada estação;
- Apurar se as concentrações de poluentes atmosféricos ultrapassaram as normas de padrões da qualidade do ar.

2 REVISÃO TEÓRICO-EMPÍRICA

2.1 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

A poluição do ar pode ser entendida como uma mudança em sua composição ou em suas propriedades, sendo causada por emissões de poluentes, tornando o ar impróprio, nocivo ou inconveniente à saúde (BRANCO; MURGEL, 2010). Para Filho (1989), a definição conceitual de poluição do ar é a presença ou lançamento de matéria e energia no ar, que possa vir a danificar o uso de tal recurso natural. Deve-se levar em conta que com os processos intensos de urbanização e industrialização acabam colocando em risco a qualidade de vida dos habitantes das áreas urbanizadas (ALVES; ALVES; SILVA, 2009).

Para Kampa e Castanas (2008), os poluentes atmosféricos podem atingir o meio ambiente acidentalmente, mas também são liberados através de instalações industriais. Os veículos automotivos podem ser responsáveis por maior parte da poluição do ar do que qualquer outra atividade humana (BAIRD; CANN, 2011). Quando se trata da dispersão desses poluentes, eles são capazes de percorrer centenas de quilômetros desde a sua emissão original, podendo interagir com outros poluentes no caminho (FILHO, 1989), conforme os parâmetros meteorológicos do local, onde a variação da pluma de poluição depende das condições atmosféricas, como: ventos, turbulência e outros parâmetros (LISBOA, 2007).

2.1.1 Fontes de poluição atmosférica

Saldiva, Braga e Pereira (2002), relatam que dentre as fontes de poluição atmosférica pode-se citar o tubo de escape de um caminhão ou a chaminé de uma indústria que são capazes de emitir vários gases e partículas. Essas fontes de poluição atmosférica podem ser tanto antropogênicas, provenientes de atividades industriais ou tráfego de automóveis, como naturais, oriunda de fenômenos da natureza (TORRES; MARTINS, 2005). Branco e Murgel (2010) relatam que não existem dúvidas de que a origem principal dos contaminantes atmosféricos vem da queima de combustíveis fósseis, como petróleo e gás natural, ou reciclável como álcool. Para Braga *et al.* (2005), essas fontes estão divididas em duas, sendo elas móveis e estacionárias, onde as indústrias são as fontes estacionárias e os veículos as fontes móveis.

Uma vez que a cidade de Paranaguá conta com um porto, as fontes são tanto móveis como estacionárias, e para Corbett *et al.* (2007), as navegações contribuem significativamente para a poluição atmosférica, principalmente em áreas costeiras. O setor portuário é um dos

principais emissores de poluentes atmosféricos, podendo afetar a saúde da comunidade em seu entorno (BAILEY; SOLOMON, 2004). Segundo a Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina (APPA, 2017), o porto de Paranaguá conta com um berço que suporta a atracação de até 14 navios simultaneamente, o que acaba por contribuir com as emissões atmosféricas, e as suas atividades industriais cresceram na questão dos fertilizantes, contando com indústrias de empresas em escala global (ABRAHÃO; CANEPARO, 2014).

2.2 POLUENTES ATMOSFÉRICOS

2.2.1 Material Particulado

Os fluidos atmosféricos não-gasosos são chamados de material particulado, o qual pode ter as mais diversas origens, como a poeira suspensa no ar, ou ainda originada pelo intenso tráfego de veículos em ruas sem pavimentação, e até mesmo gotículas de água (BRANCO; MURGEL, 2010). Segundo Braga *et al.* (2001), o material particulado é uma mistura de partículas líquidas e sólidas que se encontram em suspensão no ar. Para Arbex *et al.* (2012), esse material é o mais estudado podendo ter origem primária ou secundária, variando em número, formato, área da superfície e composição química. Arbex *et al.* (2012) relata que o material particulado pode ser formado por diversos constituintes químicos, tanto orgânicos como inorgânico, assim como material biológico, um exemplo é a sua formação através da queima da gasolina ou do óleo diesel (BAILEY; SOLOMON, 2004).

O MP₁₀, partícula utilizada neste trabalho, é uma partícula com diâmetro menor que 10 µm, essas partículas são a fração inalável do material particulado (ARBEX *et al.*, 2012), estas partículas são chamadas assim, pois são capazes de atingir as vias respiratórias inferiores, e não pela sua composição química (BRAGA *et al.*, 2001). O material particulado possui também a característica de transportar gases adsorvidos, podendo transportá-los até a região onde ocorrem as trocas gasosas no pulmão (CANÇADO *et al.*, 2006).

Lyra (2011) relata que a taxa de dispersão do material particulado depende das condições climáticas e também da topografia local, enquanto sua relação com doenças depende das suas propriedades físicas e químicas. A sua presença, é capaz de reduzir a radiação solar, o que faz com que aumente o número de núcleos de condensação, intensificando as precipitações, assim como provocar sujeiras em superfícies, podendo levar à corrosão (TORRES; MARTINS, 2005).

2.2.2 Ozônio (O₃)

O O₃ é um poluente secundário, formado a partir da reação química induzida pela oxidação fotoquímica de compostos orgânicos voláteis (COVs) e óxidos de nitrogênio (NO_x) na presença de luz solar (ARBEX *et al.*, 2012). O O₃ é conhecido como oxidante fotoquímico, pois é gerado através de outros poluentes por reações químicas que têm a radiação solar como agente catalisador (BRAGA *et al.*, 2005). A luz solar e a temperatura são estimulantes dessas reações, onde em dias ensolarados e quentes ocorrem picos de concentração de O₃ (KUNZLI *et al.* in ARBEX *et al.*, 2012). Os níveis de concentrações do O₃ aumentam no meio da manhã, atinge seu ápice no meio da tarde e ocorre seu declínio à noite (BRAGA *et al.*, 2001). As fontes de COVs e NO_x, são: veículos, indústrias químicas, lavanderias e atividades que utilizam solventes (KUNZLI *et al.* in ARBEX *et al.*, 2012).

O O₃ está presente em duas camadas da atmosfera, na estratosfera, onde se encontra sua forma natural, e na troposfera (CAMPOS, 2006), o O₃ troposférico é capaz de prejudicar a vegetação e a agricultura, pois é considerado um inibidor da fotossíntese, além de lesionar folhas e plantas, e contribuir para o aquecimento global, uma vez que esse é considerado um gás de efeito estufa (CAMPOS, 2006). Os seus efeitos adversos à saúde ocorrem: na presença de altas concentrações, quando há um grau muito alto de exposição e muita atividade física durante o período da exposição ao poluente (WHO, 2000), por ser muito irritante pode provocar inflamações no aparelho respiratório, além da obstrução das vias aéreas quando essas estão sendo estimuladas pelas atividades físicas (KUNZLI *et al.* in ARBEX *et al.*, 2012).

2.2.3 Dióxido de enxofre (SO₂)

O SO₂ é um composto sulfuroso e pode ser originado pela queima de combustíveis fósseis (BRANCO; MURGEL, 2010), ao se oxidar na atmosfera, o SO₂ forma o ácido sulfúrico (H₂SO₄) (BRAGA *et al.*, 2001), esse ácido é fortemente corrosivo e tóxico (BRANCO; MURGEL, 2010). As principais fontes de emissão do dióxido de enxofre são: a queima de combustíveis fósseis, fontes industriais, assim como a produção de ácido sulfúrico e papel (CAMPOS, 2006).

O SO₂ permanece no ar por um longo período de tempo, faz com que ele seja transportado para regiões distantes de onde foi emitido, o que aumenta a área de atuação do mesmo (BRAGA *et al.*, 2001), a concentração de SO₂ aumenta quando há presença de

veículos que utilizam o óleo diesel como combustível, exemplo: caminhões, pois sua emissão é muito maior do que em veículos que utilizam gasolina (CAMPOS, 2006).

2.2.4 Monóxido de Carbono (CO)

O monóxido de carbono (CO) é um composto altamente nocivo, o qual resulta da queima incompleta de combustíveis (BRANCO; MURGEL, 2010). Uma das suas principais fontes é a emissão por automóveis, por conta disso, onde há um trânsito intenso, sua concentração é maior (BRAGA *et al.*, 2001). O monóxido de carbono gerado por fontes antropogênicas é maior que o gerado por fontes naturais (PERES, 2005).

Segundo Peres (2005), a concentração do CO na atmosfera se reduz rapidamente quanto mais se distancia da fonte emissora. Sendo um dos poluentes mais encontrados nas cidades (BRANCO; MURGEL, 2010). Ainda segundo Branco e Murgel (2010), o CO é um gás invisível, praticamente inodoro e menos denso que o ar, quando misturado ao oxigênio transforma-se em gás carbônico.

2.2.5 Óxidos de nitrogênio (NO_x)

O NO_x é um poluente primário, ou seja, é emitido diretamente pela fonte. Os óxidos de nitrogênio são emitidos como NO, e rapidamente reagem com ozônio ou radicais na atmosfera, formando o NO₂ (KAMPA; CASTANAS, 2008). Pode ser eliminado através das fumaças de veículos automotores ou em usinas de energia, assim como outras fontes industriais (SOLÉ, 1997).

Dentre os óxidos de nitrogênio, existem três principais: o óxido nitroso (N₂O), o óxido nítrico (NO), e o dióxido de nitrogênio (NO₂) (DUCHIADE, 1992). Todos são extremamente reativos na presença de oxigênio (BRAGA *et al.*, 2001). Quando há intensa radiação solar, o NO é oxidado a NO₂, o que aumenta sua concentração em determinados horários do dia (BRANCO; MURGEL, 2010).

2.3 LEGISLAÇÃO

Branco e Murgel (2010) definem padrões da qualidade do ar como a concentração máxima de cada poluente sem que haja efeitos adversos à saúde ou danos à flora e à fauna. No Brasil, estes padrões estão dispostos na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), nº 491 de 2018, a qual revoga a resolução CONAMA nº 03 de 1990, e trata sobre a qualidade do ar, assim como episódios críticos de poluição, e também apresenta a

concentração máxima de poluentes atmosféricos, tendo como base os valores propostos pela Organização Mundial de Saúde (BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, 2018).

A resolução CONAMA nº 491 de 2018 também revoga dois itens presentes na resolução CONAMA nº 05 de 1989, a qual trata do Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar (PRONAR). Esse programa visa o desenvolvimento do País de forma ambientalmente segura, com o objetivo de assegurar o bem-estar e a saúde da população (BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, 1989). Os itens revogados foram o 2.2.1 que trata sobre os padrões primários e secundários da qualidade do ar, e o item 2.3 que trata da não deterioração da qualidade do ar no país, e o enquadramento de suas classes.

Como complemento à resolução CONAMA nº 05 de 1989, tem a resolução CONAMA nº 03 de 1990, a qual foi revogada pela resolução nº 491 de 2018, e também a resolução CONAMA nº 08 de 1990 que estabelece os limites máximos de emissão para processos de combustão externa de fontes fixas. Os poluentes que estão padronizados na legislação são: MP_{10} , $MP_{2,5}$, SO_2 , NO_2 , O_3 , CO, PTS, fumaça e chumbo.

Quando se trata da resolução estadual, no Paraná, os padrões se encontram na Resolução da Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMA) nº 016 de 2014, a qual dispõe sobre as emissões atmosféricas, os padrões de emissão em fontes estacionárias, padrões de emissão para atividades específicas, padrões de emissão para fontes móveis, os padrões primários e secundários e os níveis de qualidade do ar. Sendo uma forma estratégica para controlar, preservar e recuperar a qualidade do ar, levando em consideração o crescente aumento da poluição atmosférica (PARANÁ, 2014).

Paranaguá não chega a ser uma cidade industrial, porém existem algumas indústrias instaladas no município, chamadas fontes estacionárias, a resolução paranaense indica o uso de dutos ou chaminés para os lançamentos de efluentes atmosféricos em fontes estacionárias, e dá suas especificações, e também deve possuir a estrutura necessária para amostragem ou determinação direta dos poluentes.

Para as atividades industriais em operação ou que irão operar no estado do Paraná e que seja emissora de poluentes atmosféricos, está disposto no artigo 11 da resolução: “deverá providenciar periodicamente, ou quando exigido pelo Órgão Ambiental, a caracterização e quantificação da emissão, através da realização de amostragem em duto ou chaminé” (PARANÁ, 2014). E o artigo 12 coloca que as atividades que geram odor devem minimizar e

estarem localizadas à uma distância que evite o incômodo à população. Os poluentes que estão dispostos na resolução estadual são: Material particulado total, CO, NO_x, e SO_x. Os padrões da qualidade do ar variam de acordo com os tipos de fontes estacionárias potencialmente poluidoras.

Os níveis da qualidade do ar foram estabelecidos para a elaboração de um plano de emergência em casos de episódios críticos de poluição, os episódios críticos são definidos como altas concentrações de poluentes resultantes de ocorrências meteorológicas que dificultem a sua dispersão (PARANÁ, 2014). Neste caso os poluentes considerados são: SO₂, PTS, o produto entre PTS e SO₂, CO, O₃, partículas inaláveis e NO₂.

2.4 POLUENTES ATMOSFÉRICOS E DOENÇAS

Braga *et al.* (2001), relata que o material particulado inalável possui a característica de transportar gases adsorvidos em sua superfície até os alvéolos pulmonares, região onde ocorrem as trocas gasosas no pulmão. Segundo Arbex *et al.* (2012), como a área de contato entre a superfície do sistema respiratório e o meio ambiente é grande, a saúde respiratória é interferida diretamente pela qualidade do ar. Para Braga *et al.* (2001), a medida com que o material particulado se deposita no trato respiratório, eles passam a ser removidos por mecanismos de defesa como espirro e tosse.

Braga *et al.* (2001), informa que por ser um potente oxidante citotóxico, o ozônio é capaz de atingir porções mais distais das vias aéreas. O O₃ em contato com o epitélio respiratório provoca a formação de radicais livres de oxigênio, induzindo ao estresse oxidativo nas vias aéreas (ARBEX *et al.*, 2012). Kunzli *et al.* in Arbex *et al.* (2012), o O₃ pode provocar inflamação do trato respiratório e da mucosa, podendo também irritar os olhos e provocar tosse e desconforto torácico, e também provoca a obstrução das vias aéreas.

Segundo Kunzli *et al.* in Arbex *et al.* (2012), o SO₂ pode afetar a mucosa dos olhos, nariz e garganta, causando tosse e um aumento da atividade brônquica, o que por sua vez facilita a broncoconstrição, contração do músculo da parede brônquica reduzindo a passagem de ar. Conforme Braga *et al.* (2001), a inalação do SO₂ ocorre quando o indivíduo encontra-se em repouso, absorvendo nas vias superiores, e as atividades físicas fazem com que haja um aumento da respiração, sendo assim, aumenta também a absorção nas regiões mais distais no pulmão. Martins (2002), o SO₂ é muito solúvel e isso faz com que tenha uma alta taxa de

absorção nas vias aéreas. Conforme Braga *et al.* (2001), a eliminação ocorre através da expiração e pela urina, onde são eliminados sulfato e éster sulfato.

Quando o monóxido de carbono entra em contato com o organismo humano, combina-se com a hemoglobina, formando a carboemoglobina, no processo da respiração, produzindo asfixia (BRANCO; MURGEL, 2010). Conforme Kunzli *et al.* in Arbex *et al.* (2012) o monóxido de carbono provoca ainda, cefaleia, náuseas e tontura e tem efeitos deletérios sobre o feto.

De acordo com Branco e Murgel (2010), o NO₂ pode irritar os olhos e as mucosas, provocando enfisema pulmonar, e no sangue pode causar metaemoglobinemia, oxidação da hemoglobina em velocidades maiores que a enzimática. Segundo Braga *et al.* (2001), o NO₂ por ter baixa solubilidade na atmosfera, atingindo as regiões mais periféricas dos pulmões. Kunzli *et al.* in Arbex *et al.* (2012) mostram que os óxidos são irritantes, capazes de aumentar a reatividade brônquica e a suscetibilidade às infecções.

2.5 DOENÇAS RESPIRATÓRIAS

2.5.1 Pneumonia

A pneumonia é uma infecção pulmonar causada por microrganismos, como vírus, bactérias e fungos, pela inalação de produtos tóxicos ou pelas mudanças bruscas de temperatura do ar (KALIL, 2013). Segundo Martins (2002), mesmo a pneumonia sendo uma doença infecciosa, pode estar associada à poluição, uma vez que alguns gases possuem alta solubilidade na atmosfera, tendo alta absorção pelas vias aéreas.

De acordo com a Classificação Internacional de Doenças (CID), na sua 10ª edição (CID10), ferramenta da OMS que serve para monitorar a incidência e a prevalência de doenças tendo os códigos como padrão universal. A pneumonia encontra-se nas classificações de J09 a J18. Biernath (2016) relata que no Brasil, a pneumonia é a campeã de internações hospitalares e a terceira doença que mais mata, ficando atrás apenas do infarto e do acidente vascular cerebral (AVC).

2.5.2 Influenza

A influenza encontra-se classificada no mesmo agrupamento que a pneumonia no CID10, de J10 a J18. Segundo o Ministério da Saúde, a influenza, ou popularmente chamada de gripe, é uma infecção aguda do sistema respiratório, causada pelo vírus *Influenza*

(*Myxovirus influenzae*). Segundo Fuchs (2018), a gripe é mais comum no inverno, a fim de evitar epidemia da doença, no Brasil a campanha de vacinação anual começa em meados de abril.

Para Martins (2002), apesar de a gripe ser causada por vírus, pode estar associada à poluição atmosférica, pois alguns componentes gasosos possuem alta solubilidade na atmosfera, tendo assim uma alta absorção nas vias aéreas. Miranda (2016) coloca que a gripe pode mudar suas características, o que faz com que um indivíduo pegue gripe diversas vezes ao longo de sua vida.

2.5.3 Asma

Pela CID10, a asma está classificada como J45, chamada de doença crônica por persistir a um longo período de tempo, onde na maioria das vezes se manifesta logo na infância, podendo ser tanto genética como pode se manifestar por fatores como a poluição do ar (RULLO; SILVA, 2018). Para Arbex *et al.* (2012), os portadores de asma fazem parte dos grupos suscetíveis aos efeitos da poluição atmosférica, independente da idade.

Para Cançado *et al.* (2006), o aumento das crises de asma é um dos principais efeitos adversos relacionados ao aumento da poluição atmosférica. A reação à exposição de um indivíduo portador de asma é caracterizada pelo inchaço das vias aéreas e aumento da secreção, o que leva ao estreitamento das vias respiratórias dificultando a passagem de ar (RULLO; SILVA, 2018).

2.5.4 Bronquite

A bronquite está classificada de J20 a J21 pela CID10, existe na forma aguda ou crônica, ocorrem através da inflamação dos tubos que levam o oxigênio até os pulmões, os brônquios (TENÓRIO; PINHEIRO, 2017). Campos (2006), relata que a bronquite pode ser causada pela exposição a altas concentrações de SO₂, gás irritante e solúvel na mucosa nasal, uma vez que o gás altera a defesa pulmonar.

A poluição atmosférica é um dos principais fatores de risco para que ocorra a inflamação dos brônquios, onde eles ficam mais contraídos, produzindo uma grande quantidade de muco, dificultando a passagem de oxigênio (TENÓRIO; PINHEIRO, 2017). Braga *et al.*, colocaram que as concentrações dos poluentes atmosféricos podem acarretar

afecções agudas ou crônicas, como a bronquite, mesmo em concentrações abaixo do padrão da qualidade do ar.

2.6 CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS

A dispersão de poluentes e a deposição dos mesmos no solo estão ligadas com processos meteorológicos (MOREIRA, 2008). Quando a umidade do ar encontra-se muito baixa, durante alguns dias pode-se causar algum distúrbio na saúde da população (MIRANDA, 2016). Vanhoni e Mendonça (2008) mencionam que a maior influência no desempenho nos ambientes para a vida do homem, animais e plantas é a temperatura do ar.

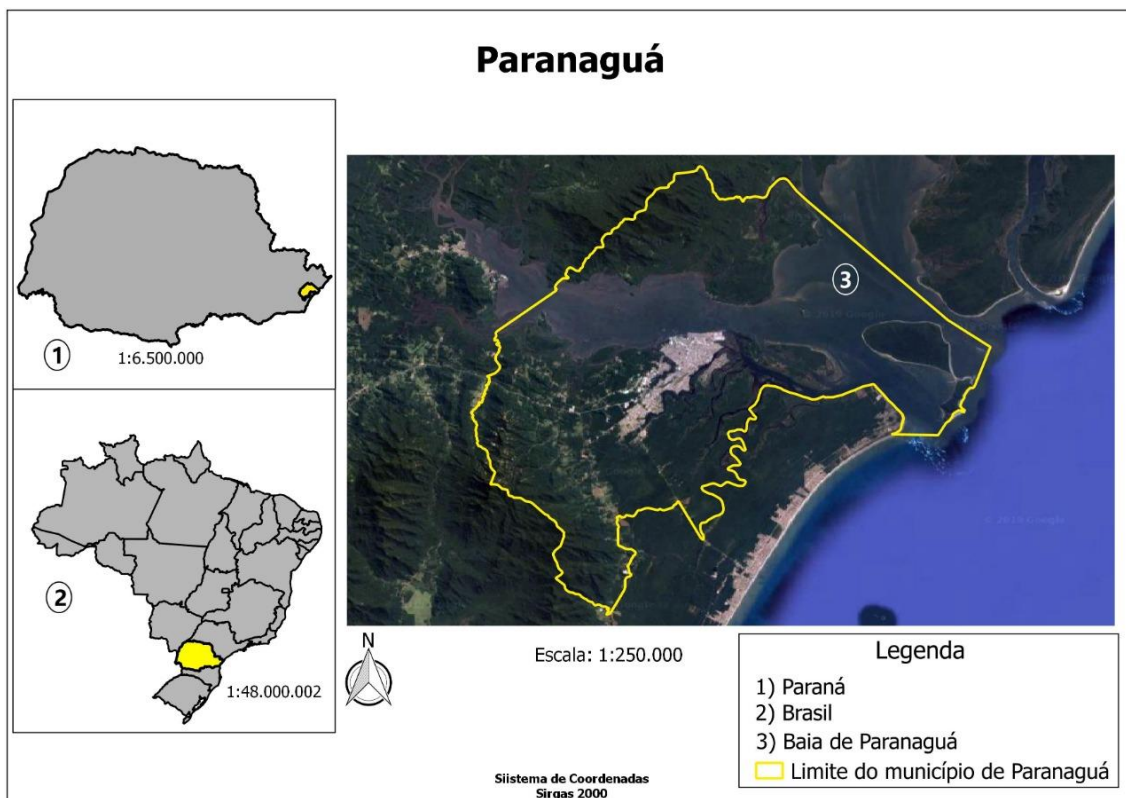
Quando as massas de ar alcançam determinadas altitudes, as temperaturas serão mais baixas que a do ar em circulação, seguindo de condensação de vapor até a probabilidade de chuva (LISBOA, 2007), sendo assim, a chuva é uma variável meteorológica muito importante para análises regionais (VANHONI, MENDONÇA, 2008).

3 METODOLOGIA

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado no município de Paranaguá, demonstrado na figura 1, localizado entre as latitudes 25,365°S e 25,735°S, e longitudes 48,706° W e 48,277°W, no litoral do estado do Paraná, nesta cidade encontra-se o maior porto graneleiro do Brasil, contando com indústrias de fertilizantes, silos de grãos, tanques de álcool, entre outros.

FIGURA 1: LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO



FONTE: A autora (2019).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população estimada no ano de 2018 era de 153.666 pessoas, e sua densidade demográfica de 169,92 habitantes/km², e seu produto interno bruto (PIB) é de 54.723,35 reais.

Por se tratar de uma cidade portuária há um intenso tráfego de caminhões nas principais vias de acesso ao porto, assim como grande movimentação de trens e navios, uma vez que o porto conta com um cais que suporta 14 navios atracados simultaneamente. Segundo Corbett *et al.* (2007), o setor de transporte marítimo é responsável pela emissão de toneladas de PM₁₀, SO_x e NO_x, onde 70% dessas emissões ocorrem em até 400 km do continente.

3.1.1 Climatologia

Pela classificação de Koppen-Geiger, o clima em Paranaguá é do tipo CFA (Clima Subtropical Úmido), úmido em todas as estações e com verão quente. Segundo Vanhoni e Mendonça (2008), a temperatura média do mês mais quente chega a ser superior a 22°C, e a média do mês mais frio é inferior a 18°C, durante o verão a Massa Tropical Atlântica é mais atuante, já durante o inverno são as massas polares (MELLO, LOPES e ROSEGHINI; 2017).

Vanhoni e Mendonça (2008) explicam que a média pluviométrica em Paranaguá é de cerca de 2000 e 2200 mm/ano, Mello, Lopes e Roseghini (2017) relatam que a Massa Continental Equatorial influencia no verão e na primavera, trazendo umidade da Floresta Amazônica, contribuindo para a pluviosidade no tratado período.

Conforme Weather Spark (2017), os meses quentes vão de dezembro a março, e os meses frios de maio a outubro. Segundo Vanhoni e Mendonça (2008), a serra do mar influencia na distribuição da umidade e manutenção de temperatura, uma vez que essa funciona como uma barreira para as massas de ar.

3.1.2 Uso e ocupação do solo

O uso e ocupação do solo estão dispostos na Lei Municipal nº 62 de agosto de 2007, onde estão dispostos o uso e ocupação do solo para cada zona, a Zona de Interesse para Expansão Portuária (ZIEP) tem permissão para indústrias de pequeno, médio e grande porte, além de comércio e serviços gerais. A Zona Agrosilvopastoril (ZA) tem a atividade agrícola como a principal, além de turismo e plantação de mudas. As demais zonas são destinadas a habitação e uso comunitário.

Desde o século XVIII, a principal economia do município de Paranaguá é a atividade portuária (PIERRI *et al.*, 2006), o município possui uma dependência econômica em relação ao porto, mas possui pequena influência acerca dos impactos da intensa atividade portuária (ABRAHÃO; CANEPARO, 2014). O porto de Paranaguá é líder em exportação de soja, grão e farelo, mas também movimentam outros tipos de carga como: fertilizantes, papel e celulose, açúcar, congelados e milho (PIERRI *et al.*, 2006), como uma alternativa para reduzir a dependência da atividade portuária, houve uma diversificação nos setores como por exemplo a instalação de indústrias de fertilizantes na cidade (ABRAHÃO; CANEPARO, 2014).

3.2 DADOS

Os dados de qualidade do ar, dos anos de 2016 e 2017, foram obtidos juntamente ao IAP (Instituto Ambiental do Paraná), órgão ambiental do estado do Paraná, responsável pelo monitoramento da qualidade do ar na cidade, através de sua estação de qualidade do ar.

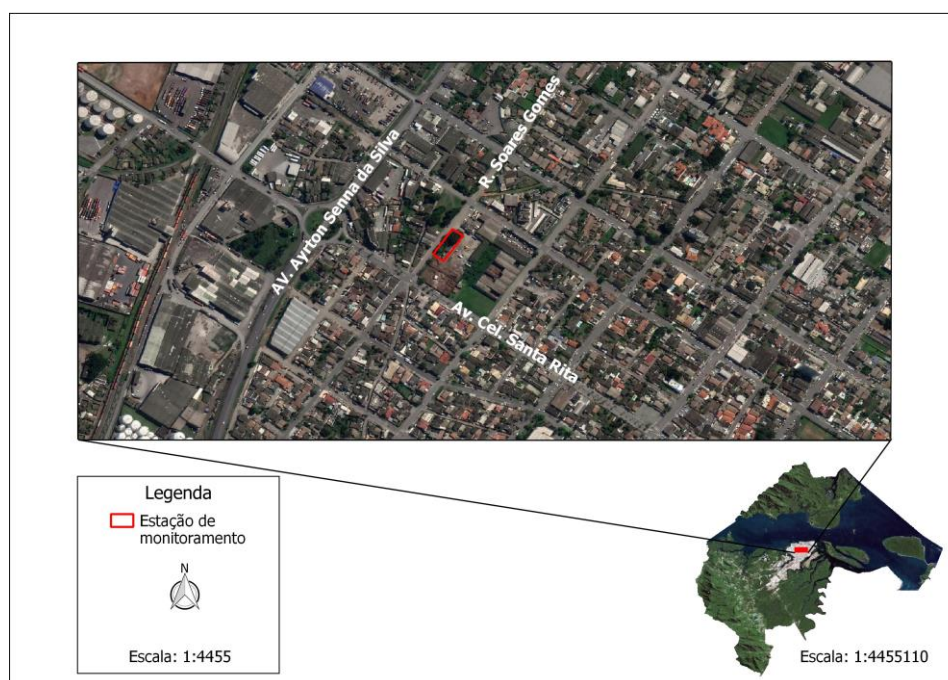
Os dados de saúde são dos anos de 2016 e 2017, o número de internações mensais por pneumonia e influenza A, foram obtidos através do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), onde são disponibilizadas informações que podem ser

utilizados para estudos, assim como para análises de situação sanitária. E os dados mensais de diagnósticos de asma e bronquite foram disponibilizados pela Secretária Municipal de Saúde de Paranaguá.

3.2.1 Estação de monitoramento

A estação encontra-se localizada na Rua Soares Gomes, na sede da Secretaria de Obras da prefeitura de Paranaguá, compreendida nas coordenadas: latitude de $25,515432^{\circ}$ S; longitude $48,520516^{\circ}$ W, representada na figura 2. A estação se encontra a cerca de 200 metros de distância da Avenida Ayrton Senna da Silva, uma das principais vias de acesso ao Porto, e a aproximadamente 1 km da Avenida Bento Rocha, principal via de acesso ao pátio de caminhões do porto de Paranaguá.

FIGURA 2: LOCALIZAÇÃO DA ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO



FONTE: A autora (2019).

A estação, demonstrada na figura 3, está sob responsabilidade do IAP, e monitora além dos poluentes, variáveis meteorológicas. Os poluentes monitorados são: ozônio, materiais particulados totais suspensos (PTS), partículas inaláveis (PM_{10}), monóxido de carbono (CO), monóxido de nitrogênio (NO), dióxido de nitrogênio (NO_2), óxidos de nitrogênio (NO_x), dióxido de enxofre (SO_2), metano (CH_4), hidrocarbonetos não metanos (NMHC). As variáveis meteorológicas são: umidade relativa do ar, precipitação, intensidade do vento, direção do vento, pressão barométrica, temperatura e radiação solar.

FIGURA 3: ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO



FONTE: A autora (2019).

3.2.2 SENSORES

O sistema de monitoramento utilizado é da empresa Ecotech, e sua representante no Brasil é a JCTM. A instalação é feita em contêiner metálico rebocável, feito de alumínio, com medidas de 2,35 m de comprimento, 3,00 m de largura e 2,10 m de altura, e é assentado sobre uma base de concreto (IAP, 2016). Os analisadores estão dispostos em racks como na figura 4.

FIGURA 4: RACK COM OS ANALISADORES



FONTE: A autora (2019).

Os analisadores de gases são do modelo Serinus, onde o 10 analisa O_3 através da absorção ultravioleta não dispersiva, o CO é pelo Serinus 30, através do infravermelho, o Serinus 40 analisa NO_x pela detecção de quimiluminescência e o SO_2 pelo Serinus 50 através da radiação UV fluorescente (IAP, 2016). Os hidrocarbonetos são medidos pelo THC 529 através da subtração da concentração total de hidrocarbonetos a fração do metano, a separação do metano é feita através da cromatografia gasosa (JCTM, 2015).

O monitoramento de material particulado é feito pelo monitor BAM-1020, representado na figura 5, o qual monitora automaticamente partículas com diâmetros inferiores à 10 micras, e suas concentrações são medidas em mg ou μg por m^3 (IAP, 2016). O monitor está representado na imagem abaixo:

FIGURA 5: MONITOR DO MATERIAL PARTICULADO



FONTE: A autora (2019).

Além dos dados de concentração de poluentes atmosféricos a estação mede ainda os dados meteorológicos, através de sensores instalados na parte externa do contêiner, com exceção do sensor de pressão barométrica que está localizado dentro do contêiner (IAP, 2016), representados na figura 6. Os sensores que ficam na parte externa são: sensor de velocidade e direção do vento, sensor de temperatura, sensor de umidade relativa do ar, sensor de radiação solar e sensor pluviométrico.

FIGURA 6: SENSORES METEOROLÓGICOS



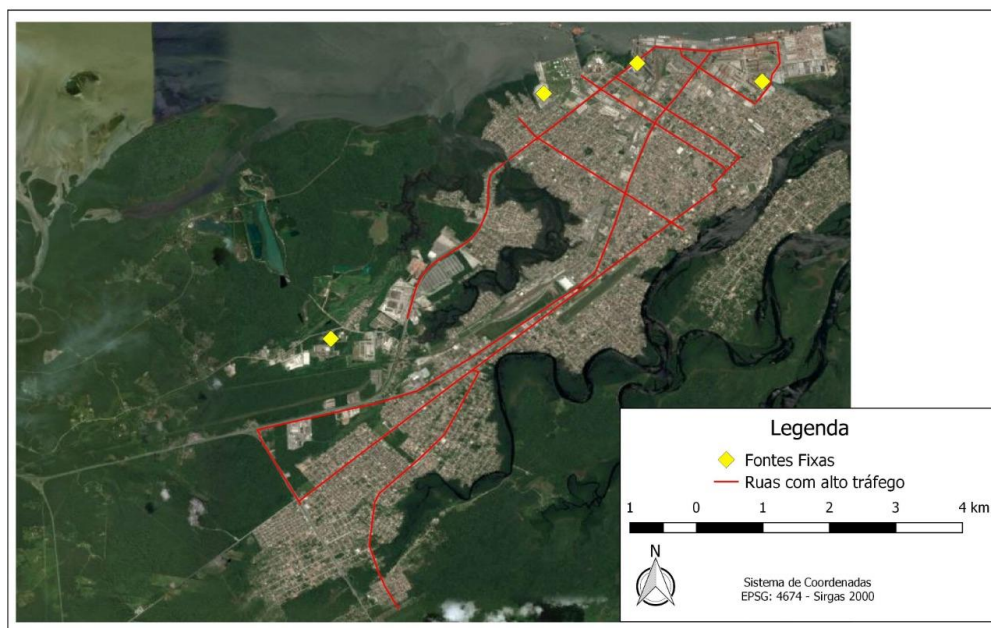
FONTE: A autora (2019).

3.2.3 Descrição das fontes de poluição atmosférica

Na figura 7, foram colocadas as ruas como as principais fontes móveis com base na dissertação de Rodrigues (2016), onde através de modelagem matemática a autora sugeriu locais para implantação de estações de monitoramento da qualidade do ar, dentre as fontes

móveis citadas pela a autora a maioria leva até o porto da cidade. Saldiva, Braga e Pereira (2002), relatam que uma das principais fontes fixas é a chaminé de uma indústria. Através dessa afirmação foram selecionadas as principais indústrias para a elaboração da figura abaixo.

FIGURA 7: PRINCIPAIS FONTES FIXAS E MÓVEIS

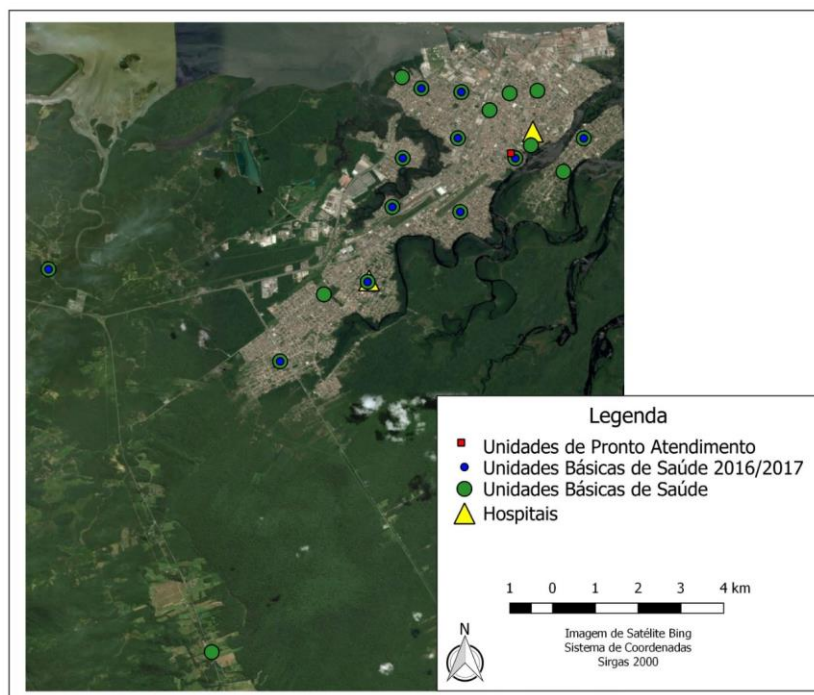


FONTE: A autora (2019).

3.2.4 Atenção à saúde

Os hospitais públicos, unidades de pronto atendimento (UPA) e unidades básicas de saúde (UBS) foram obtidos através de documento disponibilizado pela prefeitura do município com os diagnósticos de asma e bronquite dos anos de 2016 e 2017, os faltantes foram obtidos no site da prefeitura, na figura 8 está representado um mapa com os hospitais, UPAs e UBS.

FIGURA 8: LOCALIZAÇÃO DAS UNIDADES DE SAÚDE DE PARANAGUÁ



FONTE: A autora (2019).

3.3 ESTATÍSTICA

Foram utilizados os dados de internações mensais de pneumonia e influenza, e diagnósticos mensais de asma e bronquite. Os dados dos poluentes atmosféricos são medidos diariamente, de hora em hora. O coeficiente de correlação de Pearson (r), método de estatística simples, é a associação linear entre as variáveis (FILHO; JÚNIOR, 2009), e será utilizada para análise dos poluentes, a relação deles entre si e entre as doenças, e também com as variáveis meteorológicas, a fim de verificar a linearidade entre as variáveis, essa correlação se dá pela seguinte equação:

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2}}$$

Onde:

r : coeficiente de correlação de Pearson mede a intensidade e direção entre as variáveis;

x_i e y_i : variáveis;

\bar{x} e \bar{y} : média das variáveis.

O resultado varia de -1 a 1 , quanto mais perto de -1 a sua dependência é negativa, ou seja, quando um aumenta o outro diminui, quanto mais perto de 1 for seu resultado, a sua dependência é linear e positiva, ou seja, quando um aumenta o outro também. Então, sua dependência linear é maior quando o resultado está mais perto de 1 e menor quando o resultado está mais perto de 0 (FILHO; JÚNIOR, 2009).

Para a relação dos poluentes com as doenças, foi feita uma média mensal da concentração dos poluentes os relacionando com o número de internações e diagnósticos nos meses de maio de 2016 a fevereiro de 2017, a escolha de trabalhar com médias mensais se deu devido à disponibilidade de dados da saúde, onde só foi possível obter os dados mensais de internações e diagnósticos. Enquanto para a relação dos poluentes entre si e com as variáveis meteorológicas, foram realizados diariamente com as concentrações horárias, para a obtenção de melhores resultados, uma vez que a estação faz seu monitoramento de hora em hora.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

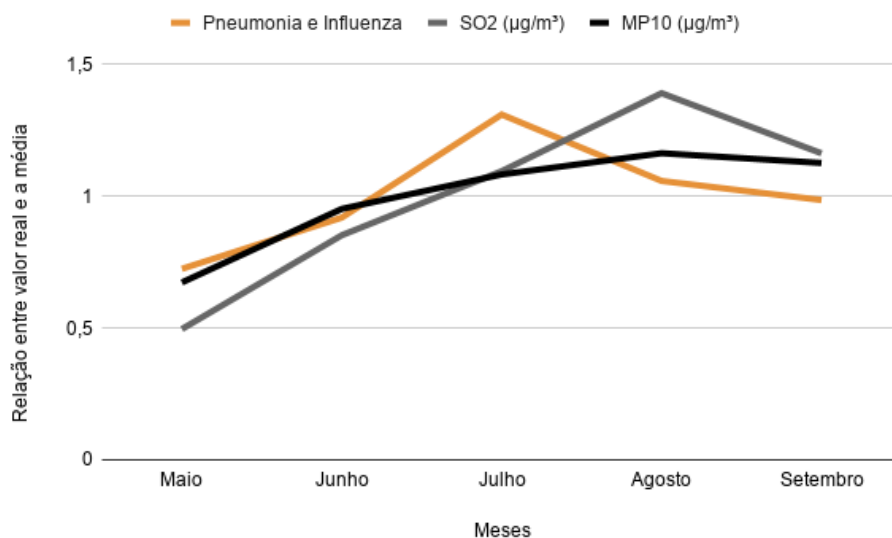
4.1 ANÁLISES ESTATÍSTICAS DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA COM AS DOENÇAS RESPIRATÓRIAS

No período de estudo foram totalizadas 635 internações por pneumonia, 8 internações por influenza, 6 pacientes diagnosticados com asma e 29 pacientes diagnosticados com bronquite. Como a pneumonia e a influenza encontram-se no mesmo grupamento da CID10 foram consideradas como uma só. As poucas internações por gripe são devido ao fato do simples tratamento e um reflexo da importância da vacinação, a qual é gratuita no país, o Brasil vem se prevenindo caso haja uma epidemia da doença, através da vigilância do Ministério da Saúde para a circulação do vírus e seus subtipos (FUCHS, 2018).

Através das análises estatísticas foi possível observar a relação dos poluentes com as doenças em meses frios, considerados no estudo entre maio e setembro, e meses quentes, no período de outubro a fevereiro, e no geral independente da temperatura. Nos meses frios os poluentes com correlação positiva foram: SO_2 e MP_{10} com as internações por pneumonia, CO com os diagnósticos de asma e SO_2 e MP_{10} com os diagnósticos de bronquite. Quando se trata dos meses quentes, os resultados apresentados foram diferentes, apresentando correlação positiva apenas do CO com as internações por influenza, em contrapartida os casos das doenças nos meses quentes foram 18% menores que nos meses frios.

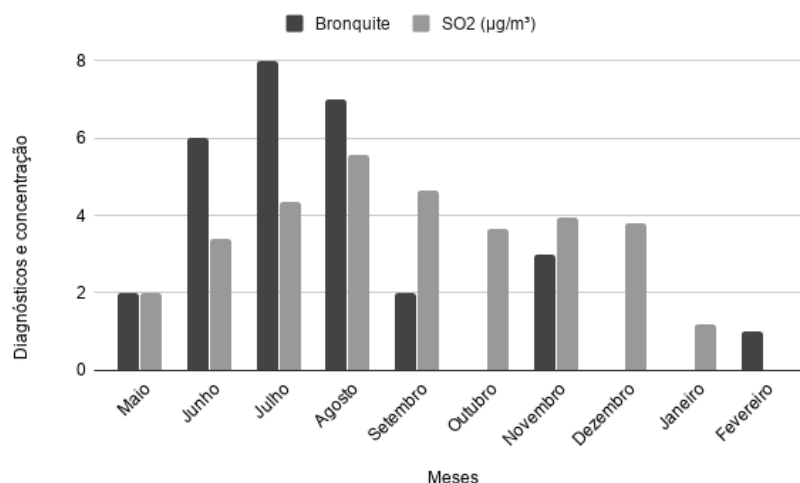
Considerando todos os meses, independente da temperatura, foram obtidos resultados positivos do SO_2 e MP_{10} com pneumonia e bronquite, NO_x com bronquite e CO com asma. O O_3 não teve relação positiva com nenhuma das doenças estudadas. No gráfico 1 está demonstrada a relação entre o SO_2 e o MP_{10} com os casos de pneumonia.

GRÁFICO 1: RELAÇÃO ENTRE OS POLUENTES E PNEUMONIA. MAIO À SETEMBRO DE 2016



FONTE: A autora (2019).

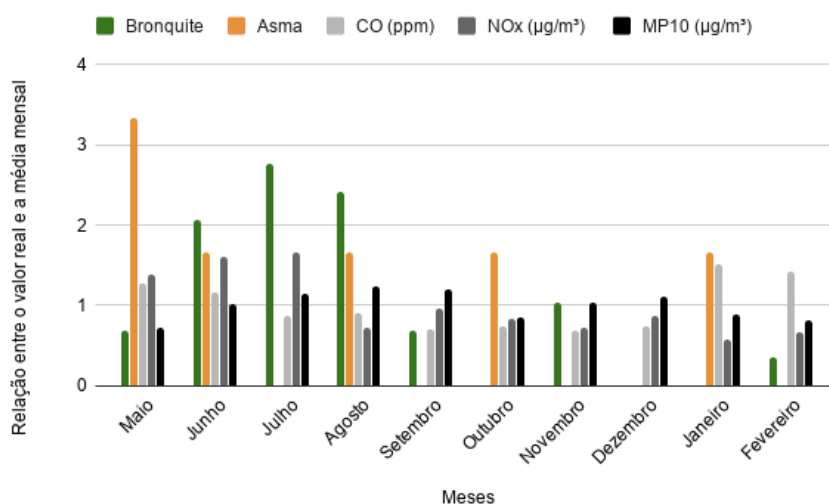
Para melhor visualização do gráfico 1 foram divididos os valores reais pela média de cada um deles, através do gráfico pode-se observar melhor a relação entre os poluentes e a pneumonia. Através do gráfico 1 pode-se observar a relação linear entre os constituintes. No estudo de Martins (2002) mostra que mesmo abaixo dos limites o SO₂ esteve associado aos casos de pneumonia por causar uma redução na função pulmonar, atingindo principalmente pessoas com doenças respiratórias crônicas. Quando se trata de doenças respiratórias crônicas pode-se analisar a bronquite, onde foi colocado por Campos (2006) que os casos da doença, aguda ou crônica, podem estar relacionados com a exposição ao SO₂, como é possível observar no gráfico 2. Nos meses de outubro, dezembro e janeiro não houveram diagnósticos de casos de bronquite. No mês de fevereiro por problemas no sensor o SO₂ não foi medido.

GRÁFICO 2: RELAÇÃO ENTRE BRONQUITE E SO₂. MAIO DE 2016 A FEVEREIRO DE 2017

FONTE: A autora (2019).

Além do SO₂, o NO_x e o MP₁₀ também estiveram relacionados com os casos de bronquite, representado no gráfico 3, e como pesquisado por Braga *et al.* (2001), mesmo as concentrações dos poluentes estando abaixo dos níveis de qualidade do ar, eles podem estar associados à casos agudos ou crônicos de bronquite e asma. Quanto aos casos de asma, o CO e o MP₁₀ estiveram relacionados, como pode ser observado no gráfico 3, para melhor observação os itens foram divididos pelas suas médias.

GRÁFICO 3: RELAÇÃO ENTRE OS POLUENTES E OS DIAGNÓSTICOS DE ASMA E BRONQUITE. MAIO DE 2016 A FEVEREIRO DE 2017



FONTE: A autora (2019).

Não houve casos de asma nos meses de julho, setembro, novembro e dezembro. A ausência de casos de asma em diversos meses pode se dar pelo fato da sua dificuldade em ser

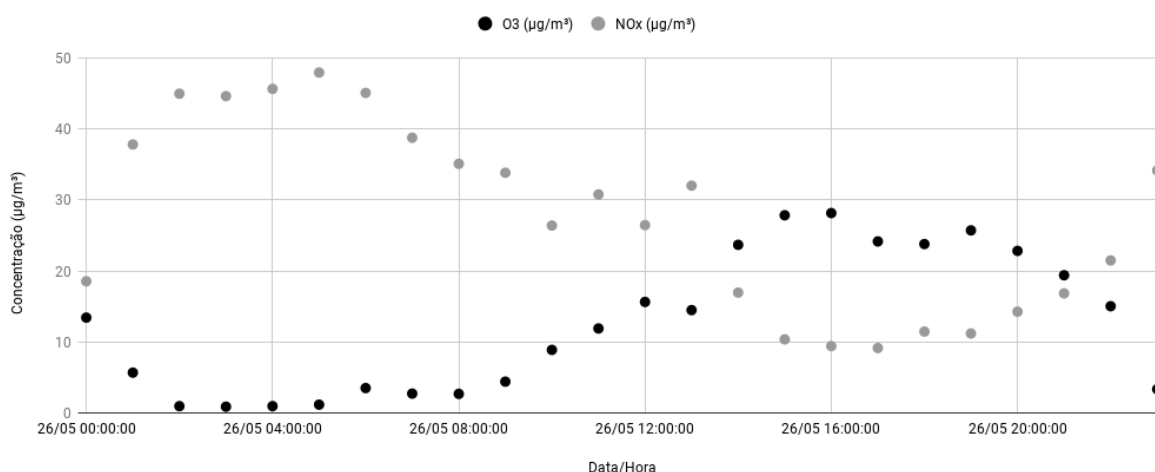
diagnosticada, como colocado no estudo de Fontes *et al.* (2005), em determinada faixa etária o diagnóstico da asma é difícil pois algumas causas podem ter sintomas semelhantes às outras doenças. Pode-se observar que durante os meses frios há mais casos de bronquite e asma do que nos meses quentes, sendo 72,4% a mais para bronquite e 33,34% a mais para asma. Para Rullo e Silva (2018) o ar frio é um forte estímulo para casos de asma e bronquite.

4.1 ANÁLISES INDIVIDUAIS DOS POLUENTES

4.1.1 Ozônio

Baird e Cann (2011) colocaram que o ozônio na superfície é produzido pela reação de átomos de oxigênio com oxigênio diatômico, e na troposfera a sua principal fonte é a dissociação fotoquímica de moléculas de nitrogênio, e o catalisador da reação é a luz solar. Feita então a correlação de Pearson, foi possível observar a relação negativa entre o O_3 e o NO_x , quando há o aumento do NO_x há a redução de O_3 , a partir do momento em que o NO_x começa a reduzir a concentração, têm-se início o crescimento do O_3 , como podemos observar no gráfico 4.

GRÁFICO 4: RELAÇÃO ENTRE O_3 E NO_x . MAIO DE 2016

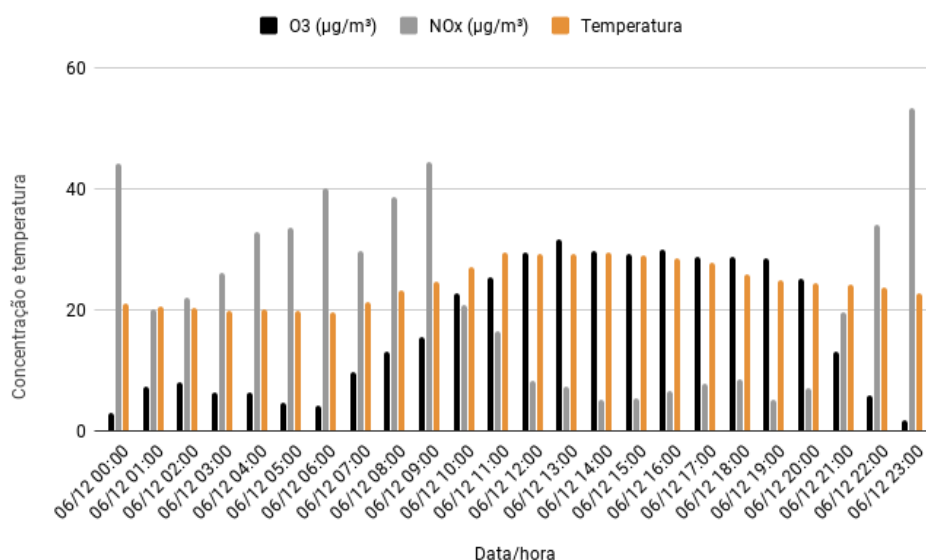


FONTE: A autora (2019).

O gráfico 4, representado acima, mostra uma data onde a estação do ano era o outono, mas pôde-se observar também que no mês de dezembro, mês que possui temperaturas mais altas que o mês de maio, também há a relação tanto com o NO_x como com a temperatura, podendo ser observado no gráfico 5. O NO_x é um dos principais precursores na formação de poluentes secundários como o O_3 (CÓNSUL *et al.*, 2004), Baird e Cann (2011) relatam que a

fonte principal de átomos de oxigênio na troposfera é o NO_2 , através de sua dissociação fotoquímica, provocada pela luz solar.

GRÁFICO 5: RELAÇÃO ENTRE O_3 , NO_x E TEMPERATURA. DEZEMBRO DE 2016



FONTE: A autora (2019).

Além da temperatura, a radiação solar também está fortemente relacionada com o O_3 uma vez que essa é utilizada como catalisador da reação de obtenção do O_3 . As outras variáveis como a pressão atmosférica e umidade relativa do ar variam diariamente, ocorrendo dias em que a relação é muito alta e dias que a relação encontra-se extremamente baixa.

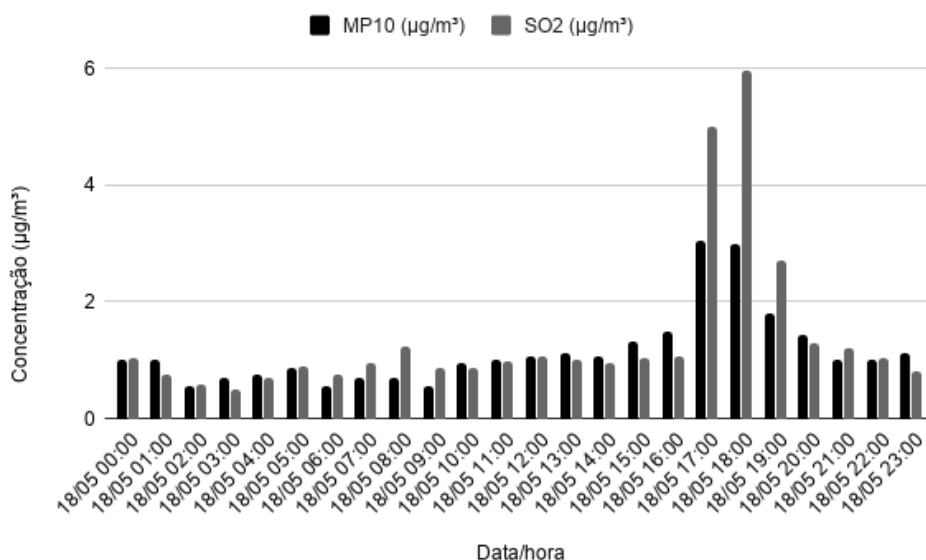
Em relação aos outros poluentes, ao relacionar o O_3 com o CO houve uma inconstância, onde em dias é alta e em outros é extremamente baixa. Quando se trata do SO_2 também houve uma inconstância, porém nas estações mais quentes do ano, primavera e verão, a relação passou a ser mais constante, mas ainda tendo alguns extremos baixos e altos, porém menos que no outono e inverno. A relação com o MP_{10} esteve inconstante em todos os meses. Essa inconstância na relação do O_3 com outros poluentes se dá pela sua formação, pois o O_3 troposférico é formado através da dissociação dos óxidos de nitrogênio (NO e NO_2), tendo esses como precursores para a formação do O_3 (BAIRD; CANN, 2011).

4.1.2 Material Particulado

O efeito nocivo do SO_2 é agravado na presença do MP_{10} , o que é uma característica comum quando há a presença de algumas substâncias na forma de MP_{10} (TORRES; MARTINS, 2005). Com isso a correlação de Pearson, confirmou a relação positiva e forte dos

dois poluentes, mostrado no gráfico 6. Para melhor observação foi gerado um gráfico do dia com a maior correlação, onde r foi igual a 0,94. E foi feita uma relação entre os valores reais e a média para melhor observação no gráfico.

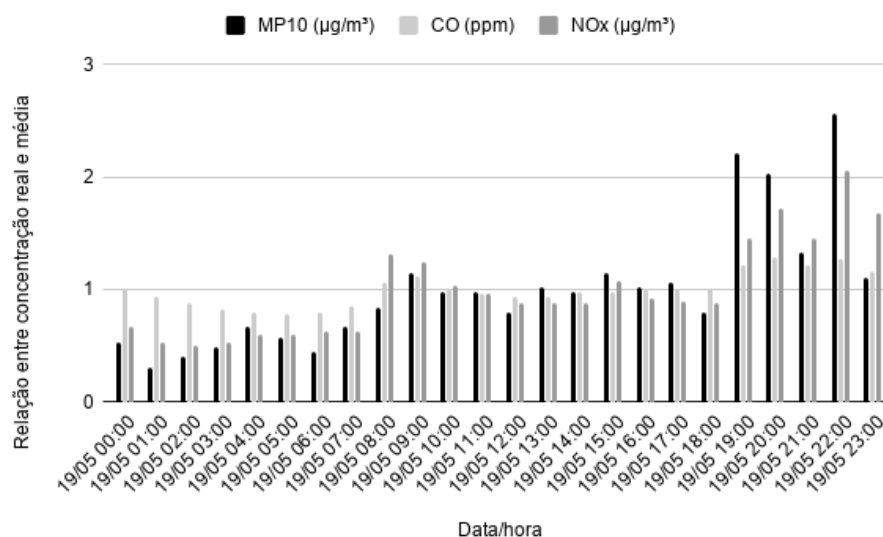
GRÁFICO 6: RELAÇÃO ENTRE MP10 E SO₂. MAIO DE 2016



FONTE: A autora (2019).

Pelas análises foi possível observar que o MP₁₀ além de estar relacionado com o SO₂ também está relacionado com o CO e o NO_x, como mostra o gráfico 7. Quando se trata do smog, mistura química de gases que forma um nevoeiro, o NO_x, SO₂ e o MP₁₀ estão presentes (TORRES; MARTINS, 2005). Para melhor observação do gráfico os valores foram divididos pelas suas médias, podemos observar uma maior prevalência nas relações durante os meses mais frios, pois durante os meses mais frios as condições meteorológicas são mais desfavoráveis para a dispersão dos poluentes (TORRES; MARTINS, 2005).

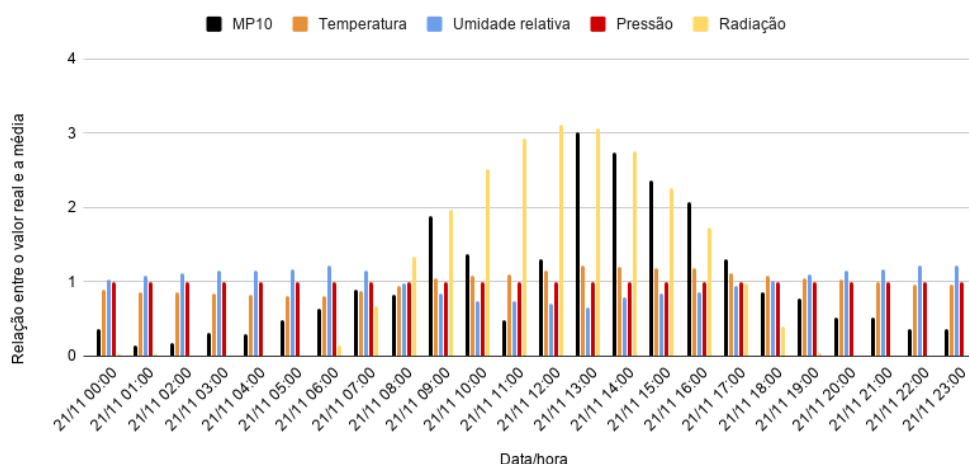
GRÁFICO 7: RELAÇÃO ENTRE MP10, CO E NOX. MAIO DE 2016



FONTE: A autora (2019).

Quando se trata das condições atmosféricas, existe correlação com a temperatura, umidade relativa do ar, pressão atmosférica e radiação solar, mostrados no gráfico 8. Em relação à temperatura quando há um aumento da mesma, também há um aumento na concentração do MP₁₀, já em relação à umidade relativa do ar ocorre o inverso, quando aumenta a umidade, a concentração diminui isso ocorre também com a pressão atmosférica, com a radiação solar, assim como com a temperatura, também há correlação positiva. Quando a umidade relativa do ar encontra-se mais baixa, a concentração de MP₁₀ aumenta isso ocorre, porque tanto a precipitação como a umidade relativa do ar, são eficientes na remoção do poluente em questão (SANTOS, 2018).

GRÁFICO 8: RELAÇÃO ENTRE MP10 E CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS. NOVEMBRO DE 2016

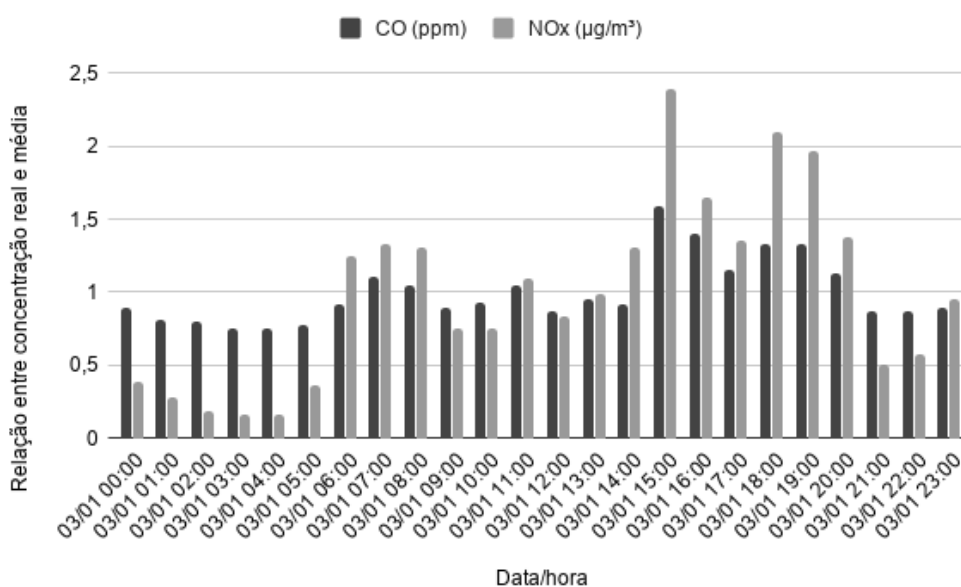


FONTE: A autora (2019).

4.1.3 Monóxido de Carbono

O CO esteve relacionado com o MP_{10} e o NO_x como foi mostrado no item 4.2.2. Quando relacionado ao SO_2 e ao O_3 mostrou-se uma correlação muito instável, tendo dias com correlação muito alta e outros com correlação extremamente baixa. Já em relação às condições atmosféricas também apresentou muita instabilidade. Abaixo o gráfico 9 demonstra a relação entre o CO com o NO_x . Os motores movidos a diesel emitem baixas quantidades de CO e elevada quantidade de NO_x (MIRANDA *et al.*, 2013). Sabendo que os motores a diesel emitem ambos os poluentes, e que a cidade conta com um grande número de caminhões, a relação entre o NO_x e o CO podem ser provenientes de sua fonte de emissão.

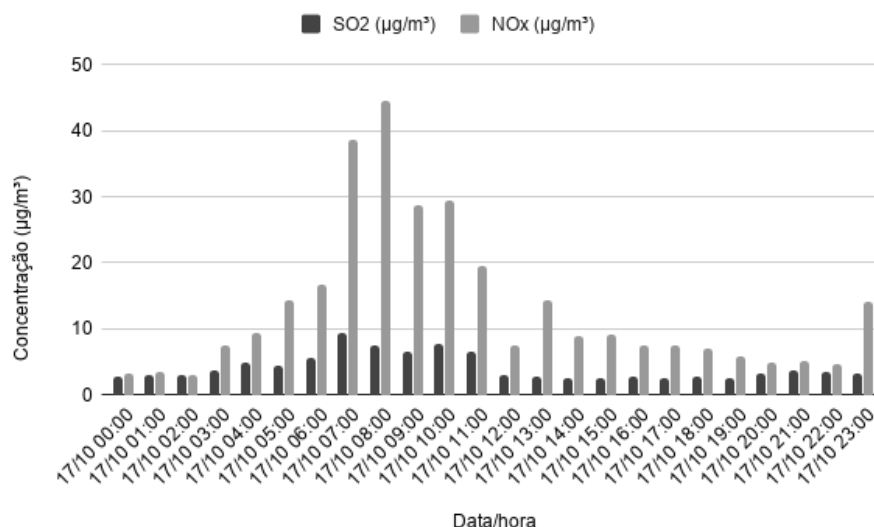
GRÁFICO 9: RELAÇÃO ENTRE CO E NOX. JANEIRO DE 2017



FONTE: A autora (2019).

4.1.4 Dióxido de Enxofre

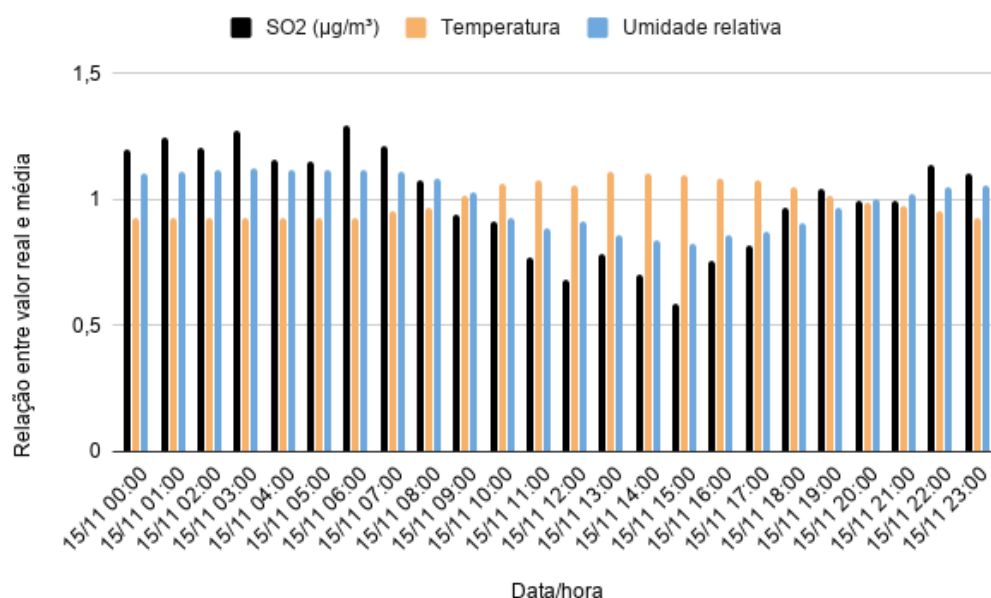
Sabe-se que o SO_2 está relacionado com a chuva ácida, e quando o NO_x reage com a umidade do ar forma o ácido nítrico, o qual contribui para a formação da chuva ácida (CAMPOS, 2006), através da análise estatística foi possível observar a relação forte e positiva entre o SO_2 e o NO_x , a qual está sendo demonstrada no gráfico 10.

GRÁFICO 10: RELAÇÃO ENTRE SO₂ E NO_x. OUTUBRO DE 2016

FONTE: A autora (2019).

Em relação às condições atmosféricas, quando relacionado à radiação solar encontra-se instável, quando relacionado à temperatura podemos observar uma relação forte e negativa, ou seja, quando aumenta a temperatura diminui a concentração, e quando diminui a temperatura aumenta a concentração, já em relação à umidade relativa do ar, a correlação foi forte e positiva, quando há o aumento da umidade relativa há também o aumento da concentração do SO₂, essas relações estão demonstradas no gráfico 11. Quando no ar, os óxidos de enxofre se ligam às moléculas de água e formam o ácido sulfúrico, um dos principais componentes da chuva ácida (JESUS, 1996), é importante ressaltar que as condições meteorológicas são importantes no processo de transformação, dispersão e remoção dos poluentes atmosféricos (FORNARO, 2006).

GRÁFICO 11: RELAÇÃO ENTRE SO₂, TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR. NOVEMBRO DE 2016



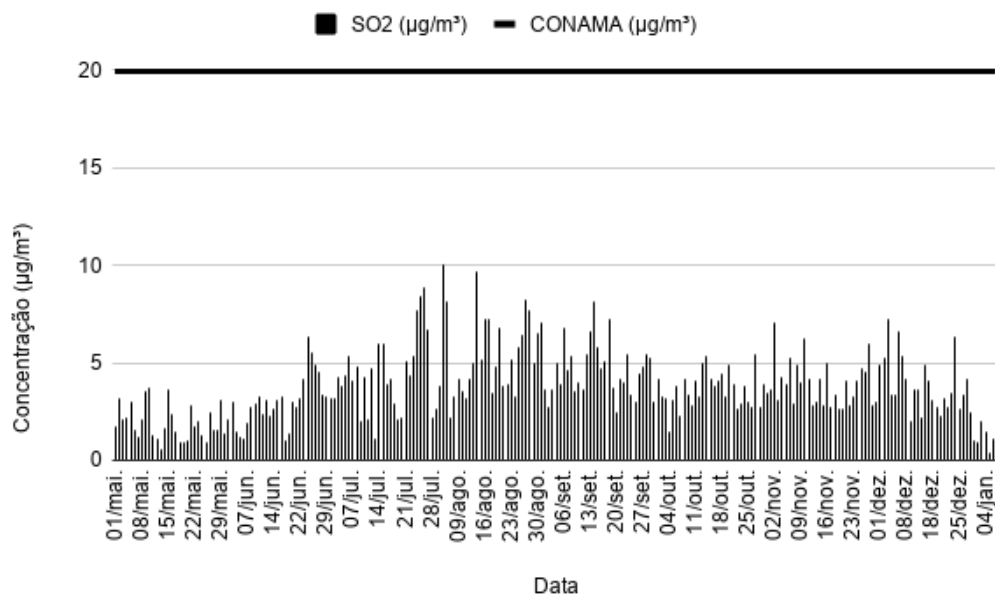
FONTE: A autora (2019).

4.1.5 Óxidos de Nitrogênio

O NO_x mostra uma relação com todos os demais poluentes apresentados nos itens anteriores, e quando se trata das condições atmosféricas, a correlação apresentou muita instabilidade, apresentando valores muito divergentes entre si, onde diariamente apresentou correlações medianas positivas e negativas, comprovando que como um poluente primário, o qual é emitido diretamente por fontes antrópicas, como indústrias de fertilizantes, e o NO₂ reage com a umidade do ar para a formação do ácido nítrico (CAMPOS, 2006).

4.2 ANÁLISES EMPÍRICAS DOS POLUENTES COM AS DOENÇAS RESPIRATÓRIAS

O padrão final da qualidade do ar do SO₂ segundo o CONAMA é de 20 µg/m³ conforme mostra o gráfico 12, medido através da média diária de concentração, e no período estudado não ultrapassou o padrão, pode-se observar que os meses com a maior concentração do poluente foi no período do inverno, comprovando o que mostra Torres e Martins (2005) que a qualidade do ar piora nessa estação devido às condições atmosféricas desfavoráveis.

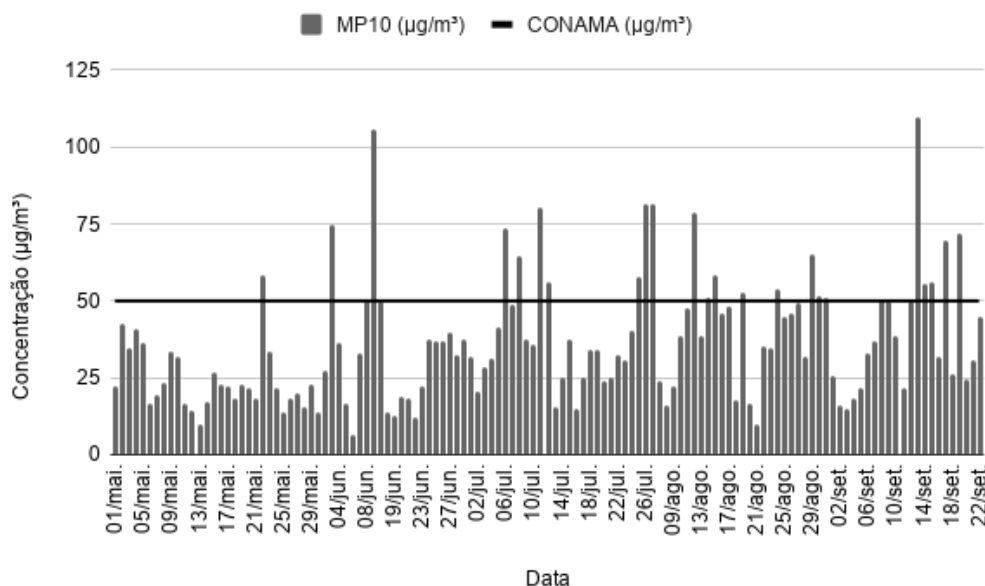
GRÁFICO 12: CONCENTRAÇÃO DE SO₂ DE MAIO DE 2016 A JANEIRO DE 2017

FONTE: A autora (2019).

Mesmo o SO₂ não tendo ultrapassado os limites estabelecidos, o poluente esteve relacionado com todas as doenças presentes no estudo, onde no inverno, estação com maior concentração, foi também a estação com mais casos de pneumonia e também de bronquite.

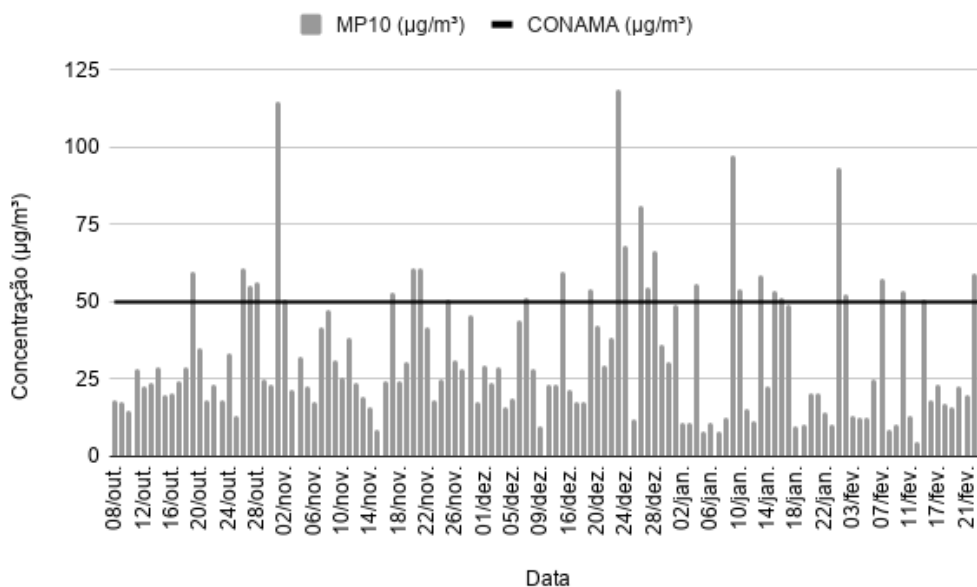
Assim como o SO₂, o MP₁₀ também é medido através de uma média diária, porém o valor é de 50 µg/m³, tal valor foi ultrapassado 58 vezes durante os 10 meses de estudo, sendo uma vez em maio, 3 vezes em junho, 7 vezes em julho, 8 vezes em agosto, 9 vezes em setembro, 4 vezes em outubro, 6 vezes em novembro, 8 vezes em dezembro, 7 vezes em janeiro e 5 vezes em fevereiro. Nos gráficos 13 e 14 podemos observar seu comportamento nas diferentes estações do ano.

GRÁFICO 13: CONCENTRAÇÃO DE MP10 NO OUTONO E NO INVERNO DE 2016



FONTE: A autora (2019).

GRÁFICO 14: CONCENTRAÇÃO DE MP10 NA PRIMAVERA E NO VERÃO DE 2016 A 2017



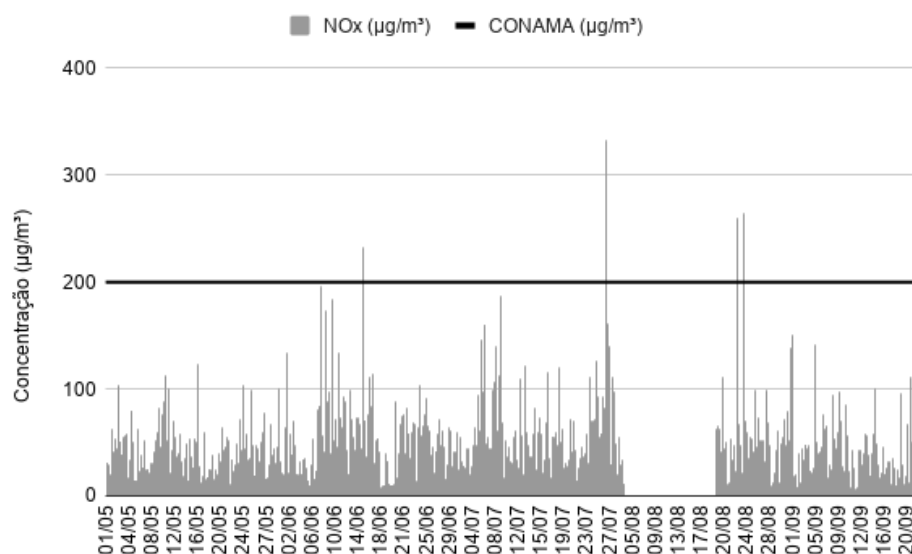
FONTE: A autora (2019).

A concentração do MP_{10} ultrapassou mais vezes durante a primavera e o verão do que durante o outono e o inverno. O mês que mais ultrapassou foi o mês de setembro. Como consequência, o mês seguinte ao que mais ultrapassou a concentração, o mês de outubro, um dos meses que mais teve casos de pneumonia, sendo um total de 85 casos. A bronquite teve

mais casos durante os meses mais frios, onde nesses meses a concentração ultrapassou 28 vezes.

O NO_x esteve estatisticamente relacionado apenas com os casos de bronquite, mas ultrapassou os limites estabelecidos em 6 vezes, todas no outono e no inverno, os padrões utilizados para análises de concentrações do NO_x foi do NO_2 que é de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ através de uma média horária, conforme mostra o gráfico 15.

GRÁFICO 15: CONCENTRAÇÃO DE NO_x NO OUTONO E NO INVERNO DE 2016



FONTE: A autora (2019).

No mês de junho a concentração ultrapassou em 16,2% e no mês seguinte ocorreram 89 internações por pneumonia e 8 diagnósticos de bronquite, em julho ultrapassou duas vezes, 66,4% e 32,26% respectivamente, no mês seguinte ocorreram 73 internações por pneumonia, 7 casos de bronquite e 1 de asma. No mês de agosto ultrapassou três vezes, 30,045%, 29,545% e 32,615% respectivamente, no mês de setembro houveram menos casos de pneumonia, porém ainda um número alto. Do dia 04 de Agosto à 19 de Agosto por possíveis erros na estação o NO_x não foi medido.

O CO não ultrapassou os limites nenhuma vez em 10 meses, no entanto, esteve relacionado com algumas doenças, já o O_3 também não ultrapassou nenhuma vez, mas não teve relação com as doenças. Ambos são medidos através de média móvel a cada 8 horas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os poluentes estão de alguma forma relacionados entre si. Mesmo o SO_2 não tendo ultrapassado os limites estabelecidos pela resolução CONAMA, esteve relacionado com casos de pneumonia e bronquite e teve correlação negativa com a asma, mas quando há aumento na concentração do poluente e aumento no número de casos, essa correlação passa a ser positiva. Os picos de poluentes variam em diferentes horários, mas podem-se observar picos incomuns em horários das 19 às 22 horas. Esses picos são devidos a localização da estação, nesse horário há movimentação de veículos de grande porte dentro da secretaria de obras.

O MP_{10} foi o poluente que ultrapassou os limites mais vezes e esteve relacionado estatisticamente com todas as doenças e também com todos os poluentes. O NO_x esteve relacionado apenas com os casos de bronquite, mas levando em consideração que ele está relacionado à outros poluentes e também ultrapassou os limites, pode estar indiretamente relacionado aos casos de outras doenças.

O O_3 não esteve relacionado positivamente com nenhuma doença, mas caso aumente sua concentração e o número de casos essa relação passa a ser positiva. Como o poluente está relacionado com outros, ele pode estar relacionado com os casos mesmo que indiretamente, o mesmo ocorre com o NO_x e o CO. Mesmo relacionados estatisticamente deve-se levar em consideração que os poluentes não são os únicos responsáveis pelos casos de pneumonia, asma e bronquite na cidade.

Durante os meses mais frios houve mais casos, isso pode dar-se ao fato de que durante os meses mais frios há uma maior dificuldade na dispersão dos poluentes, uma vez que as condições atmosféricas não são favoráveis. Por outro lado, as condições climáticas são favoráveis à propagação das doenças respiratórias, que se agravam principalmente nos meses mais frios. Os estudos epidemiológicos possuem limitações, pois o número de internações pode representar uma cidade ou até mesmo um bairro, sem análises individuais de cada caso. Outro fator a ser analisado, foi à dificuldade de possuir um banco de dados para o estudo proposto.

REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, C. M. S.; CANEPARO, S. C. Porto de Paranaguá - Entrelaces Históricos e Configuração Territorial. Anais do 7º Congresso brasileiro de geógrafos. Vitória - ES, 2014.
- ADMINISTRAÇÃO DOS PORTOS DE PARANAGUÁ E ANTONINA (APPA). Disponível em: <<http://www.portosdoparana.pr.gov.br>>. Acesso em: 31 de julho de 2019.
- ALVES, K. M. S.; ALVES, A. E. L.; SILVA, F.M. Poluição do ar e saúde nos principais centros comerciais da cidade de Natal/RN. **Holos**.v.4, p.80-95, 2009.
- ARBEX, M. A. *et al.* A poluição do ar e o sistema respiratório. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**. p. 643-655, 2012.
- BAILEY, D; SOLOMON, G. Pollution prevention at ports: clearing the air. **Environmental Impact Assessment Review**, p. 749-774, 2004.
- BAIRD, C.; CANN, M. **Química ambiental**, v.1, n.4, p. 112-165, 2011.
- BIERNATH, A. Pneumonia: pulmões na corda bamba. Disponível em: <<https://saude.abril.com.br/medicina/pneumonia-pulmoes-causas-tratamento/>>. Acesso em: 03 de junho de 2019.
- BRAGA, A. *et al.*. Poluição atmosférica e saúde humana. **Revista USP**, n. 51, p. 58-71, São Paulo, 2001.
- BRAGA, B. *et al.* **Introdução à engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável**. v. 1, n. 2, 2005.
- BRANCO, S. M.; MURGEL, E. **Poluição do ar**. v. 1, n. 2, p. 23-30, 2010.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 491, de 19 de novembro de 2018**. Dispõe sobre padrões da qualidade do ar. [Diário Oficial da União, Brasília, D.F., n. 223, 21 nov. 2018. Seção 1, p. 155.](#)
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 005, de 15 de junho de 1989**. Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar. [Diário Oficial da União, Brasília, D.F., 25 ago. 1989. Seção 1, p. 14713-14714.](#)

CAMPOS, V. P. Monitoramento atmosférico passivo de SO₂, NO₂ e O₃ em áreas urbanas e de influência industrial como prática de química ambiental para alunos de graduação. **Química nova**, n. 4, v. 29, p. 872 - 875, 2006.

CANÇADO, J. E. D., BRAGA, A., PEREIRA, L. A. A., ARBEX, M. A., SALDIVA, P. H. N., SANTOS, U. P. Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 32, p. 5-11, 2006.

CÓNSUL, J. M. D.,; *et al.* Decomposição catalítica de óxidos de nitrogênio. **Química nova**, v.7, n.3, p. 432-440, 2004.

CORBETT, J. J.; *et al.* Mortality from ship emissions: a global assessment. **Environ. Sci. Technol.**, 41, 8512-8518, 2007.

DUCHIADE, M. P. Poluição do ar e doenças respiratórias: uma revisão. **Caderno de saúde pública**. p. 311 - 330, Rio de Janeiro, jul/set, 1992.

FILHO, J. B. G. **Poluição do ar**: aspectos técnicos e econômicos do meio ambiente. 1989.

FILHO, D. B. F.; JÚNIOR, J. A. S. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**. v. 18, n. 1, p. 115-146, 2009.

FONTES, M. J. F., *et al.* Asthma in children under five years of age: problems in diagnosis and in inhaled corticosteroid treatment. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**. v. 31, n. 3, p. 244-253, 2005.

FORNARO, A. Águas da chuva: conceitos e breve histórico. Há chuva ácida no Brasil? **Revista USP**. n. 70, p. 78-87, junho/agosto, 2006.

FUCHS, A. Influenza: conheça os subtipos existentes e saiba como evitar a contaminação. Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ). Disponível em: <<https://portal.fiocruz.br/noticia/influenza-conheca-os-subtipos-existentis-e-saiba-como-evitar-contaminacao>>. Acesso em: 10 de setembro de 2019.

GRIPE (INFLUENZA): O QUE É, CAUSAS, SINTOMAS, TRATAMENTO, DIAGNÓSTICO E PREVENÇÃO. Disponível em: <<http://portalms.saude.gov.br/saude-de-a-z/gripe>>. Acesso em: 06 de junho de 2019.

HUANG, C. *et al.* Potential cardiovascular and total mortality benefits of air pollution control in urban China. **Circulation**. p. 1575-1584, outubro, 2017.

IAP. **Sistema de monitoramento da qualidade do ar: guia rápido de instalação, operação e manutenção**. Janeiro, 2016. Relatório técnico.

JCTM. **Analizador de Hidrocarbonetos THC 529**. Julho, 2015. Relatório técnico.

JESUS, E. F. R. A importância do estudo das chuvas ácidas no contexto da abordagem climatológica. **Sitientibus**. n. 14, p. 143-153, Feira de Santana, 1996.

KALIL, I. Pneumonia: especialista esclarece sintomas e formas de prevenção. Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ). Disponível em: <<https://portal.fiocruz.br/noticia/pneumonia-especialista-esclarece-sintomas-e-formas-de-prevencao>>. Acesso em: 03 de junho de 2019.

KAMPA, M.; CASTANAS, E. Human health effects of air pollution. **Science Direct**. v.151, p.362-367, 2008.

KÜNZLI, N., PEREZ, L., RAPP, R. Air quality and health. In ARBEX, M. A. *et al.* A poluição do ar e o sistema respiratório. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, p. 643-655, 2012.

LYRA, G. B. Modelos lineares aplicados à estimativa da concentração do material particulado (PM₁₀) na cidade do Rio de Janeiro, RJ. **Revista Brasileira de Meteorologia**, n. 3, v. 26, p. 392 - 400, 2011.

LISBOA, H. M. **Meteorologia e dispersão atmosférica. Montreal**. Dezembro, 2007.

MARTINS, L. C. Poluição atmosférica e atendimentos por pneumonia e gripe em São Paulo, Brasil. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, p. 88-94, 2002.

MELLO, Y. R.; LOPES, F. C. A.; ROSEGHINI, W. F. F. Características climáticas e análise rítmica aplicada a episódio extremos de precipitação e temperatura no município de Paranaguá, PR. **Revista Brasileira de Climatologia**. v.20, p. 313-336, Jan/Jul, 2017.

MIRANDA, G. R., *et al.* Avaliação das emissões de CO, NO, NO_x e SO₂ provenientes da combustão, em motor monocilíndrico, de misturas de diesel e biodiesel de óleo de fritura. **Revista de Ciências Ambientais**. v. 7, n. 2, p. 33-43, 2013.

MIRANDA, M. J. Análise temporal das interações por gripe e pneumonia associadas às variáveis meteorológicas no município de São Paulo, SP. **Revista do Instituto Geológico**. p. 61 - 71, São Paulo, 2016.

MOREIRA, D. M.; TIRABASSI, T.; DE MORAES, M. R. Meteorologia e poluição atmosférica. **Ambiente & sociedade**. n. 1, v. 11, p. 1-13, jan - jun, 2008.

PARANÁ. **Resolução Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos nº 016 de 2014**, que define critérios para o controle da qualidade do ar.

PARANAGUÁ. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/paranagua/panorama>>. Acesso em: 02 de junho de 2019.

PARANAGUÁ. **Lei complementar nº 62, de 27 de agosto de 2007**. Institui o zoneamento de uso e ocupação do solo do município de Paranaguá, e dá outras providências. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/plano-de-zoneamento-uso-e-ocupacao-do-solo-paranagua-pr>>. Acesso em 15 de agosto de 2019.

PERES, F. F. Meio ambiente e saúde: os efeitos fisiológicos da poluição do ar no desempenho físico - o caso do monóxido de carbono (CO). **Arquivos em movimento**. v. 1, n. 1, p. 55 - 63, Rio de Janeiro, 2005.

PIERRI, N. *et al.* A ocupação e o uso do solo no litoral paranaense: condicionantes, conflitos e tendências. **Desenvolvimento e meio ambiente**. n. 13, p. 137-167, jan/jun, 2006.

RODRIGUES, J. P. **Modelagem matemática da dispersão de poluentes atmosféricos como etapa de pré-seleção de locais para instalação de estações de monitoramento da qualidade do ar em Paranaguá-PR**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1850/1/CT_PPGCTA_M_Rodrigues%2c%20Juliana%20Pilato_2016.pdf>. Acesso em: 20 de maio de 2019.

RULLO, V.; SILVA, T. N. Asma e bronquite não são a mesma coisa. Disponível em: <<https://saude.abril.com.br/blog/experts-na-infancia/asma-e-bronquite-nao-sao-a-mesma-coisa/>> Acesso em: 30 de outubro de 2019.

SALDIVA, P. H. N.; BRAGA, A. L. F.; PEREIRA, L. A. A. Health effects of ambient levels of air pollution. Population and environment in Brazil: Rio +10. Campinas: Comissão

Nacional de População e Desenvolvimento/Associação Brasileira de estudos Populacionais/Núcleo de Estudos de População, Universidade Estadual de Campinas; p. 207-224, 2002.

SANTOS, T. C. Investigação da relação entre variáveis atmosféricas e a concentração de MP10 e O3 no estado de São Paulo. **Revista brasileira de meteorologia**. v. 33, n.4, p. 631-645, 2018.

SOLÉ, D. Poluição e doenças respiratórias. **Jornal de pediatria**, n. 3, v. 73, p. 143 - 144, 1997.

TENÓRIO, G., PINHEIRO, C. O que é bronquite, dos sintomas ao tratamento. Disponível em: <<https://saude.abril.com.br/medicina/o-que-e-bronquite-dos-sintomas-ao-tratamento/>> Acesso em: 30 de outubro de 2019.

TORRES, F. T. P.; MARTINS, L. A. Fatores que influenciam na concentração do material particulado inalável na cidade de Juiz de Fora (MG). **Caminhos da geografia**. p. 23 - 39, 2005.

VANHONI, F.; MENDONÇA, F. O clima do litoral do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Climatologia**. p. 49-63, agosto, 2008.

WEATHER SPARK. CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS MÉDIAS DE PARANAGUÁ. Disponível em: <<https://pt.weatherspark.com/y/30045/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Paranagu%C3%A1-Brasil-durante-o-ano>>. Acesso em: 07 de junho de 2019.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **9 out 10 people worldwide breathe polluted air, but more countries are taking action**. Genebra, 2018. Disponível em: <<https://www.who.int/news-room/detail/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action>>. Acesso em: 30 de maio de 2019.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Air Quality Guidelines for Europe**, v. 2, n. 91. Copenhagen, 2000.